

**Auswertung von 30 Jahren (1973 bis 2002) in der Chirurgischen
Universitätsklinik Jena versorgter Gefäßverletzungen unter besonderer
Berücksichtigung von Diagnostik, Ischämiezeit, Therapie und
Amputationsrate --- eine retrospektive Studie.**

**Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades
doctor medicinae (Dr. med.)**

**vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Schiller-Universität Jena**

**Von Dipl.-Med. Holger Riemschneider
Geboren am 19. September 1961 in Pößneck**

Gutachter

- 1. Prof. Dr. med. H. Rimpler**
- 2. Prof. Dr. med. G. Pöhlmann**
- 3. PD Dr. med. W. Wagner**

Tag der öffentlichen Verteidigung: 16.10.2007

Zusammenfassung

In erster Linie gelten Gefäßverletzungen neben akuten embolischen und thrombotischen Arterienverschlüssen als gefäßchirurgische Notfallsituationen. Sie stellen deshalb nicht nur für den operierenden Arzt sondern auch für den Erstversorger eine Herausforderung dar. Die Diagnose einer sichtbaren Gefäßverletzung ist per se einfach zu stellen, Probleme treten häufig bei nicht sichtbaren stumpfen Gefäßverletzungen auf.

Eine angiologische Abklärung mit Prüfung der Motorik, der Sensibilität und der Zirkulation gehört zum routinemäßigen Notfallstatus. Der Goldstandard der Gefäßabklärung stellt weiterhin die Angiographie dar. Von zunehmender Bedeutung in der routinemäßigen Notfalldiagnostik ist die Anwendung der cw-Dopplersonographie und der farbcodierten Duplexsonographie sowie des Angio-CT's bei Aufnahme ins Krankenhaus und im Verlauf der Erkrankung. Die Operation sollte innerhalb der ersten 6 Stunden nach dem Unfall erfolgen. Bei der definitiven operativen Versorgung ist in jedem Fall die direkte Naht anzustreben. Begleitverletzungen haben entscheidenden Einfluss auf die Prognose. Trotz Fortschritte in der rekonstruktiven Chirurgie ist und bleiben das Zeitintervall zwischen der Verletzung und der definitiven gefäßchirurgischen Versorgung und das Ausmaß der Begleitverletzungen entscheidend für den Behandlungserfolg. Anhand des umfangreichen Krankengutes der chirurgischen Klinik der Friedrich-Schiller-Universität Jena soll das Management von Patienten mit Gefäßverletzungen über einen Zeitraum von 30 Jahren untersucht werden. Im Besonderen soll versucht werden, darüber Aussagen zu gewinnen in wie weit Änderungen der diagnostischen und therapeutischen Möglichkeiten zu einer Verbesserung der Ergebnisse bezüglich Ischämiezeiten und Amputationsrate führten. Datenbasis waren das Archiv der Chirurgischen Klinik und das Zentralarchiv der Universitätskliniken der Friedrich-Schiller-Universität-Jena. Nach Einsicht der Operationsprotokolle und Operationsläufer wurden 1850 Krankenblätter aus den Jahren 1973 bis 2002 ausgewertet. Es zeigte sich, dass bei 896 Patienten 972 Gefäßverletzungen vorlagen. Die Daten wurden in einer Auswerttabelle verarbeitet. Letztendlich wurden die Parameter: Alter, Geschlecht, Verletzungsart, Verletzungsgrad, Gefäßregion, Intervallzeiten zwischen Unfall und Einweisung, Einweisung und Blutflussfreigabe und zwischen Unfall und Blutflussfreigabe sowie die Gefäßversorgung, Gefäßdiagnostik, Begleitverletzungen und das Follow up untersucht. Die Patienten wurden in Dezennien und nach Geschlecht geordnet. Bei der Verletzungsart wurde die Einteilung nach Linder und Vollmar (1965) in direkte scharfe, direkte stumpfe und indirekte Gefäßverletzungen (Arteriospasmus, Überdehnungsriß

und Dezelerationstrauma) benutzt. Insbesondere wurde auf eine spezifische Gefäßdiagnostik durch klinische Untersuchung (fehlenden Pulsstatus, marmorierte Haut, Kälte und fehlende Sensorik und Motorik), cw- Dopplersonographie und farbcodierte Duplexsonographie, B-Bildsonographie, Angiographie und Probefreilegung Wert gelegt. Bei allen Patienten wurden die Begleitverletzungen erfasst. Bei der Gefäßrekonstruktion wurden direkte Gefäßnähte, die Verwendung von autologen Venenmaterial als Patch- und Streifenplastik, Veneninterponat und Venenbypass sowie Kunststoffprothese unterschieden. Im Ergebnis der Arbeit stellten wir fest, dass Männer dreimal häufiger gefährdet sind eine Gefäßverletzung zu erleiden als Frauen. Der Altersgipfel im 2., 3. und 4. Dezenium liegt. Extremitätenarterien am häufigsten betroffen sind und dabei Läsionen der oberen und unteren Extremität etwa zu gleichen Anteilen vorliegen. Scharfe Arterienverletzungen häufiger als stumpfe Arterienverletzungen auftreten. Sie werden schneller durch ihre typischen Charakteristika erkannt. In der Diagnostik wurde sich vermehrt auf eine Apparatediagnostik verlassen. Eine angiologische Untersuchung wurde entweder nicht durchgeführt oder in der Mehrzahl der Fälle nicht dokumentiert. Frakturen sind durch eine Zunahme von Rasanztraumen häufige Begleitverletzungen. Traten in der I. Dekade bei jedem 2ten Patienten Frakturen und Luxationen auf, so lagen in der III. Dekade bei 80% der Gefäßverletzten Frakturen und Luxationen vor. Nerven- und Venenverletzungen treten in 25 bis 40% bei Arterienläsionen auf. Bei scharfen Arterienverletzungen hat sich die absolute Ischämiezeit zwischen Unfall und Blutflussfreigabe mehr als verdoppelt. Die Zeit zwischen Unfall und Einweisung hat sich ebenfalls mehr als verdoppelt. Die Zeit von der Einweisung bis zur Blutflussfreigabe hat sich sogar von 1973 bis 2002 verfünffacht. Ursachen hierfür scheinen in einer umfassenden zeitaufwendigen Apparatediagnostik zu liegen. Bei stumpfen Arterienverletzungen kam es in der II. Dekade im Vergleich zur I. Dekade zu einer Halbierung der Zeit zwischen Unfall und Blutflussfreigabe. Der Trend wurde leider nicht fortgesetzt. In der III. Dekade fand sich eine absolute Ischämiezeit, die über 2 Stunden länger war als in der II. Dekade. Die Chirurgische Behandlung nach Arterienverletzungen hat sich in den letzten 30 Jahren nicht verändert. Arterienverletzungen werden zu mehr als 80% durch direkte Naht, End-zu-End-Anastomose und/oder durch Versorgung mit autologer Vene als Patch oder Veneninterponat rekonstruiert. Die absolute Amputationsrate konnte trotz der längeren Ischämiezeit von 14,7% auf 6,8% gesenkt werden. Ursächlich dafür sind Ischämiezeiten die trotz des oben gesagten immer noch innerhalb einer tolerablen sechs Stundengrenze liegen und ein konsequentes Traumamanagement und die Summe der therapeutischen Möglichkeiten.

Verzeichnis der Abkürzungen

A. -	Arteria
Aa. –	Arteriae
ACG –	Acromioclaviculargelenk
al. –	aliie
AV-	arteriovenöse
B- Mode -	brightness modulation
B- Bildsonographie –	brightness modulation sonographie
ca. –	circa
CT –	Computertomographie
Cw -	continuous wave
EMG-	Elektromyogramm
h-	Stunde
HWS -	Halswirbelsäule
LKW –	Lastkraftwagen
M.-	Musculus
min. –	Minute
MRT –	Magnetresonanztomographie
N. -	Nervus
n –	Anzahl
OP-	Operation
pAVK –	periphere arterielle Verschlusskrankheit
PKW –	Personenkraftwagen
p.o. –	postoperativ
PTFE -	Polytetrafluorethylen
SHT –	Schädelhirntrauma
TEP -	Totalendoprothese
VKU –	Verkehrsunfall
WK –	Wirbelkörper

Gliederung:

Zusammenfassung

1. Einleitung

- 1.1 Einführung
- 1.2 Zielstellung

2. Material und Methode

3. Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der I. Dekade von 1973 bis 1982

- 3.1.1 Lokalisation der Gefäßverletzungen
- 3.1.2 Verletzungsarten
- 3.1.3 Verletzungsartenklassifikation
- 3.1.4 Arterienverletzungen
 - 3.1.3.2 Venenverletzungen
- 3.1.4 Diagnostik der Gefäßverletzungen
- 3.1.5 Versorgung der Gefäßverletzungen
- 3.1.6 Zeitintervalle der Arterienverletzungen
 - 3.1.6.1 Zeitintervalle der scharfen Arterienverletzungen
 - 3.1.6.2 Zeitintervalle der stumpfen Arterienverletzungen
- 3.1.7 Begleitverletzungen
- 3.1.8 Follow up der Patienten mit arteriellen Gefäßverletzungen
- 3.1.9

3.2 Ergebnisse der II. Dekade von 1983 bis 1992

- 3.2.1 Lokalisation der Gefäßverletzungen
- 3.2.2 Verletzungsarten
- 3.2.3 Verletzungsartenklassifikation
 - 3.2.3.1 Arterienverletzungen
 - 3.2.3.2 Venenverletzungen
- 3.2.4 Diagnostik der Gefäßverletzungen

- 3.2.5 Versorgung der Gefäßverletzungen
- 3.2.6 Zeitintervalle der Arterienverletzungen
 - 3.2.6.1 Zeitintervalle der scharfen Arterienverletzungen
 - 3.2.6.2 Zeitintervalle der stumpfen Arterienverletzungen
- 3.2.7 Begleitverletzungen
- 3.2.6 Follow up der Patienten mit arteriellen und venösen Gefäßverletzungen

3.3 Ergebnisse der III. Dekade von 1993 bis 2002

- 3.3.1 Lokalisation der Gefäßverletzungen
- 3.3.2 Verletzungsarten
- 3.3.3 Verletzungsartenklassifikation
 - 3.3.3.1 Klassifikation der Arterienverletzungen
 - 3.3.3.2 Klassifikation der Venenverletzungen
- 3.3.4 Diagnostik der Gefäßverletzungen
- 3.3.5 Versorgung der Gefäßverletzungen
- 3.3.6 Zeitintervalle der Arterienverletzungen
 - 3.3.6.1 Zeitintervalle der scharfen Arterienverletzungen
 - 3.3.6.2 Zeitintervalle der stumpfen Arterienverletzungen
- 3.3.7 Begleitverletzungen
- 3.3.8 Follow up der Patienten mit arteriellen und venösen Gefäßverletzungen

4. Diskussion

- 4.1 Diagnostik
 - 4.1.1 klinische Diagnostik
 - 4.1.2 Angiographie
 - 4.1.3 Doppler-/Duplexsonographie
 - 4.1.4 Andere
- 4.2 Ischämiezeiten nach Arterienverletzungen
- 4.3 Amputationsraten nach Gefäßverletzungen
- 4.4 Begleitverletzungen
 - 4.4.1 Begleitfrakturen und Begleitluxationen
 - 4.4.2 Begleitende Nervenverletzungen
 - 4.4.3 Begleitende Venenverletzungen
- 4.5 Therapie

5. **Erhebungsdaten**
6. **Literaturverzeichnis**
7. **Lebenslauf**
8. **Danksagung**
9. **Ehrenwörtliche Erklärung**

1. Einleitung

1.1 Einführung

Gefäßverletzungen gelten neben akuten embolischen und thrombotischen Arterienverschlüssen als gefäßchirurgische Notfallsituationen. Sie stellen deshalb nicht nur für den operierenden Arzt sondern auch für den Erstversorger eine Herausforderung dar. Die Diagnose einer sichtbaren Gefäßverletzung ist per se einfach zu stellen, Probleme treten häufig bei nicht sichtbaren stumpfen Gefäßverletzungen auf. Stumpfe Verletzungen der Extremitätenarterien sind immer mit einer höheren Morbiditäts- und Mortalitätsrate verbunden.

Eine angiologische Abklärung mit Prüfung der Motorik, der Sensibilität und der Zirkulation gehört zum routinemäßigen Notfallstatus. Bei fehlenden Pulsen, aufgehobener Motorik und Sensibilität und kühler marmorierter Haut ist eine schnelle Revaskularisierung anzustreben.

Der Goldstandard der Gefäßabklärung stellt die Angiographie dar. Von zunehmender Bedeutung in der routinemäßigen Notfalldiagnostik ist die Anwendung der cw-Dopplersonographie und der farbcodierten Duplexsonographie sowie des Angio-CT's bei Aufnahme ins Krankenhaus und im Verlauf der Erkrankung. Die Operation sollte innerhalb der ersten 6 Stunden nach dem Unfall erfolgen. Im Einzelfall kann auch nach mehr als 6 Stunden ein gutes Behandlungsergebnis erzielt werden. Bei der definitiven operativen Versorgung ist in jedem Fall die direkte Naht anzustreben. Begleitverletzungen haben entscheidenden Einfluss auf die Prognose. Nach dem Prinzip "life before limb" haben schwere Verletzungen des Schädels, des Thorax und des Abdomens Vorrang vor peripheren Gefäßverletzungen.

Eine für die tägliche Praxis relevante Klassifikation der offenen und geschlossenen Arterienverletzungen entsprechend dem pathologisch-anatomischen Schädigungsmaß wurde von Linder und Vollmar (1965) entwickelt. Die Einteilung basiert auf 2 Verletzungsmechanismen: Gefäßverletzungen durch direkte und durch indirekte Gewalteinwirkung, sowie eine Unterteilung der direkten Verletzungen in scharfe und stumpfe Traumen mit der Präzisierung in 3 Schweregrade (Vollmar J. 1996. Rekonstruktive Chirurgie der Arterien, Georg Thieme Verlag Stuttgart New York). Andere Einteilungen nach Hoffmann und Hutschenreiter und nach Buri haben ihre Berechtigung, konnten sich aber im klinischen Alltag nicht durchsetzen. Der Grad der Gefährdung eines Patienten, einzelner Organe oder der Extremität ist unmittelbar abhängig von einer tolerablen Ischämiezeit. Trotz Fortschritte in der rekonstruktiven Chirurgie ist und bleiben das Zeitintervall zwischen der Verletzung und der definitiven gefäßchirurgischen Versorgung und das Ausmaß der Begleitverletzungen entscheidend für den Behandlungserfolg.

1.2 Zielstellung

Anhand des umfangreichen Krankengutes der chirurgischen Klinik der Friedrich-Schiller-Universität Jena soll das Management von Patienten mit Gefäßverletzungen über einen Zeitraum von 30 Jahren untersucht werden. Im Besonderen soll versucht werden, darüber Aussagen zu gewinnen in wie weit Änderungen der diagnostischen und therapeutischen Möglichkeiten zu einer Verbesserung der Ergebnisse bezüglich Ischämiezeiten und Amputationsrate führten.

Vorrangig wurden Patienten mit peripheren Arterienverletzungen untersucht.

2. Material und Methode

Datenbasis waren das Archiv der Chirurgischen Klinik und das Zentralarchiv der Universitätskliniken der Friedrich-Schiller-Universität-Jena.

Da eine Auswertung von elektronischen Daten noch nicht möglich war, wurden die Operationsprotokolle und Operationsläufer der Jahre 1968 bis 2002 eingesehen. Nach Einsicht der Protokolle wurden 1850 Krankenblätter aus den Jahren 1973 bis 2002 nach folgenden Merkmalen ausgewertet:

1. Eine Gefäßverletzung wurde im Protokoll beschrieben.
2. Es lagen schwerwiegenden Weichteilverletzungen und/oder Frakturen in topographischer Nähe zu Gefäßen vor.
3. Es wurden die Unterlagen von Polytraumatisierte Patienten (Bei polytraumatisierten Patienten finden sich häufig Abweichungen von Aufnahmediagnose zu den Entlassungsdiagnosen (Hansis 2003)) eingesehen.

Es zeigte sich, dass bei 896 Patienten 972 Gefäßverletzungen vorlagen. Die Daten der Patienten wurden in einer Auswerttabelle mit Microsoft Office Excel Version 2003 entsprechend der Anlage (Erhebungsdaten) erfasst und verarbeitet. Letztendlich wurden die Parameter: Alter, Geschlecht, Verletzungsart, Verletzungsgrad, Gefäßregion, Intervallzeiten zwischen Unfall und Einweisung, Einweisung und Blutflussfreigabe und zwischen Unfall und Blutflussfreigabe sowie die Gefäßdiagnostik, die Versorgung, Begleitverletzungen und das Follow up untersucht. Die restlichen Daten wurden im Datenpool belassen.

Um Trendwenden festzustellen wurden primär willkürlich ab 1973 3 Dekaden gewählt. Die Datensätze von 1968 bis 1972 waren lückenhaft, eine strukturierte Erfassung war ab 1973 möglich. Die Dekaden spiegelt in etwa, den Beginn einer strukturierten Gefäßchirurgischen Versorgung, die Struktur des Rettungswesens in der DDR und nach 1993 die Anpassung an internationale Rettungsstandards wieder.

In 176 Fällen bei vermuteten Gefäßverletzungen konnten die Akten nicht eingesehen werden. Möglicherweise konnten dadurch zahlreiche Gefäßverletzungen nicht erfasst werden. Diese Situation verdeutlicht die Schwierigkeit einer retrospektiven Datenanalyse. Wegen der großen Gesamtzahl von Gefäßverletzungen konnte dies aber vernachlässigt werden. Eine Validität ist mit 972 Verletzungen erreichbar.

Die Patienten wurden in Dezennien und nach Geschlecht geordnet.

Verkehrs-, Arbeits- und Freizeitunfällen wurden als Verletzungen nach traumatischer Verletzungsursache zusammengefasst, des Weiteren wurden iatrogen bedingte Gefäßverletzungen und Gefäßverletzungen, die in suizidaler Absicht zugefügt wurden, erfasst. Arbeitswegeunfälle mit einem Verkehrsmittel wurden als Verkehrsunfälle erfasst.

Bei der Verletzungsart wurde die Einteilung nach Linder und Vollmar (1965) in direkte scharfe, direkte stumpfe und indirekte Gefäßverletzungen (Arteriospasmus, Überdehnungsrisse und Dezelerationstrauma) benutzt. Die Verletzungsart wurde aus der Epikrise, dem Operationsbericht oder dokumentierten Diagnostik entnommen.

Es wurden Zeitintervalle untersucht, die die Zeit zwischen Unfall und Einweisung, zwischen Einweisung und Blutflussfreigabe und die Zeit zwischen Unfall und Blutflussfreigabe (absolute Ischämiezeit) beschreiben. Die Unfallzeit wurde aus den Notarztprotokollen oder dem Krankenblatt, die Aufnahmezeit aus dem Krankenblatt, dem Notarztprotokoll oder der elektronischen Krankenhausaufnahme und die Blutflussfreigabe aus dem OP-Bericht oder dem Narkoseprotokoll ermittelt werden.

Unter dem Merkmal Diagnostik wurden alle Untersuchungsmethoden zusammengefasst, die bei den Patienten durchgeführt wurden. Insbesondere wurde auf eine spezifische Gefäßdiagnostik durch klinische Untersuchung (fehlenden Pulsstatus, marmorierte Haut, Kälte und fehlende Sensorik und Motorik), cw- Dopplersonographie und farbcodierte Duplexsonographie, B- Bildsonographie, Angiographie und Probefreileitung Wert gelegt.

Bei allen Patienten wurden die Begleitverletzungen, vordergründig jedoch begleitende Venen-, Nerven- und Weichteilverletzungen sowie Begleitfrakturen und Luxationen erfasst. Patienten mit Verletzungen mehrerer Körperregionen oder Organe mit konsekutiven systemischen Funktionsstörungen wurden als Polytrauma eingeordnet.

Bei der Gefäßrekonstruktion wurden direkte Gefäßnähte, die Verwendung von autologen Venenmaterial als Patch- und Streifenplastik, Veneninterponat und Venenbypass sowie Kunststoffprothese unterschieden. Grundlage war der Operationsbericht.

Zusätzlich wurden primäre und sekundäre Amputationen und Arterienligaturen recherchiert.

Nicht primäres Ziel der Arbeit war es den langfristigen Verlauf sondern den Hospitalverlauf zu erfassen. Die Recherche des Follow up der Patienten beschränkte sich auf die durch die Kliniken der Friedrich-Schiller-Universität Jena nachbehandelten Patienten.

Tab.1: Patientenrecherche

	Gesamt	I. Dekade	II. Dekade	III. Dekade
	n	n	n	n
Eingesehene Akten (1973-2002)	1850	454	633	763
Patienten mit Gefäßverletzungen	896	102	303	491
Verletzte Gefäße	972	110	323	539
fehlende Akten bei vermuteten Gefäßverletzungen	172	60	60	52

3. Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der I. Dekade (1973-1982)

In der I. Dekade fanden sich bei 102 Patienten 110 Gefäßverletzungen. (Tab.2; Abb.4; Tab.3; Abb.5).

Bei 8 Patienten lagen Verletzungen von 2 Gefäßen in einer Region vor (7mal Mehrfachgefäßverletzungen am Unterarm und 1-mal am Unterschenkel).

Mehretagegefäßverletzungen fanden sich nicht.

In der Geschlechterverteilung fand sich eine eindeutige Verschiebung zum männlichen Geschlecht (Abb.2).

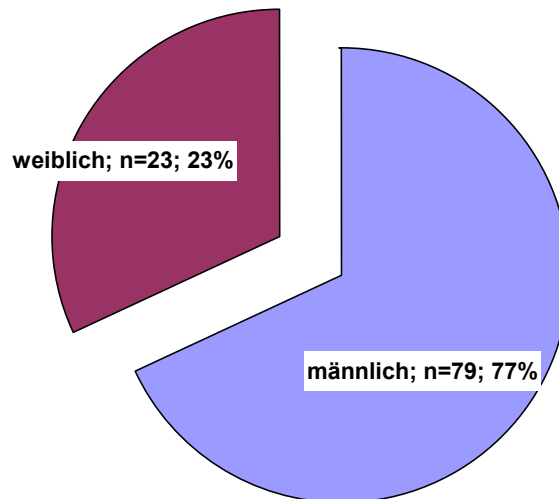


Abb.2: Prozentuale Geschlechterverteilung der Gefäßverletzungen in der I. Dekade (1973 - 1982)

Das Durchschnittsalter der Gefäßverletzten lag bei 33,7 Jahren (6 Tagen - 74 Jahren).

Vermehrt war die Altersgruppe im 2. und im 5. Dezennium betroffen. Die nahezu normale Verteilung wird durch Teenager unterbrochen, die in der gezielten Analyse vor allem durch Motorrad- und Fahrradunfälle verletzt wurden (Abb.3).

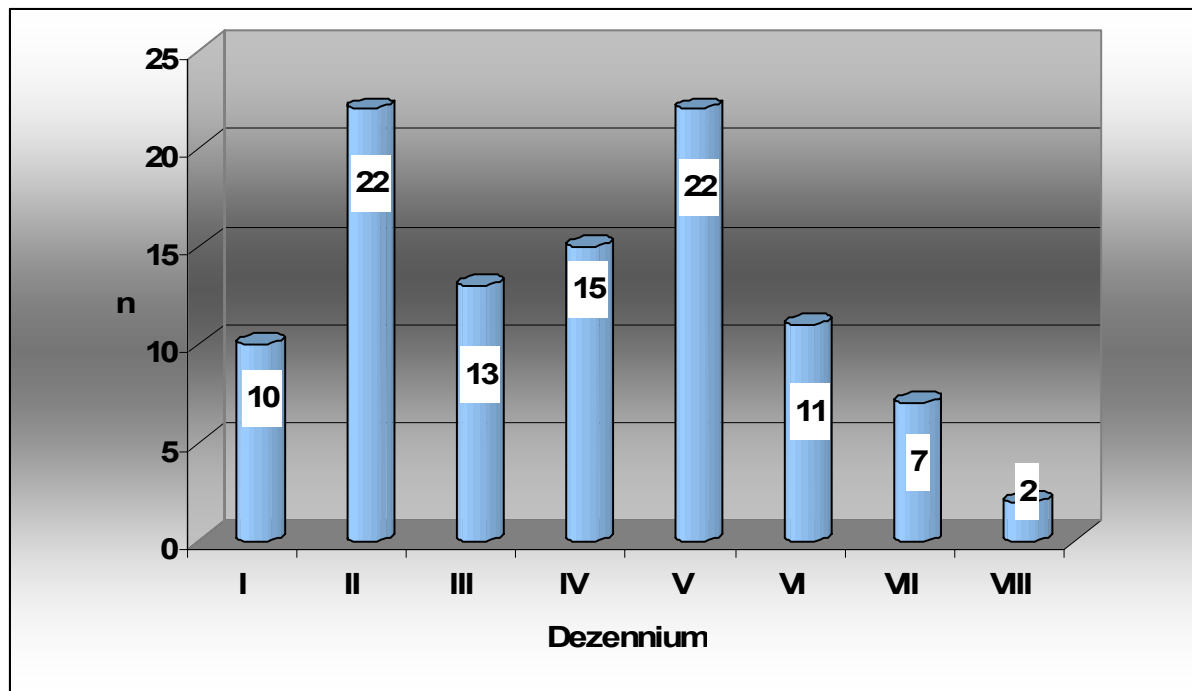


Abb.3: Altersverteilung der Gefäßverletzten der I. Dekade (1973- 1982) in 8 Dezennien

3.1.1 Lokalisation der Gefäßverletzungen in der I. Dekade (1973-1982)

98 Gefäßverletzungen an Arterien fanden sich bei 90 Patienten in folgenden Körperregionen: 57 Extremitätenarterien (58%) verteilten sich vorzugsweise auf Oberschenkel- und Kniearterienverletzungen, davon 21-mal auf die Aa. femoralis communis, profunda et superficialis und 9-mal auf die A. poplitea. Unterschenkelarterienverletzungen lagen nur in 3 Fällen vor: 2-mal A. tibialis anterior und 1-mal A. fibularis). Einmal musste die A. circumflexa femoris lateralis nach einem Freizeitunfall und 5-mal mussten Beckenarterien versorgt werden. Am Unterarm war die A. radialis mit 10 Verletzungen 3-mal häufiger betroffen als die A. ulnaris mit 3 Läsionen. Am Oberarm fanden sich je 5 Verletzungen der A. brachialis und der A. cubitalis. 4-mal waren Halsarterien. Zirka ein Drittel der Arterienverletzungen betrafen Körperstamm- und Eingeweidearterien (32-mal = 32,6%). Davon waren die Milzarterien (7-mal) neben den Darmarterien (5-mal) am häufigsten verletzt, gefolgt von 2 Verletzungen der Leberarterien und 4 Nierenarterienverletzungen. Bei Arterienverletzungen parenchymatösen Organe lagen in allen Fällen auch Parenchymverletzungen vor. Nach Milzarterienverletzung wurde 7-mal Splenektomiert und

einmal Nephrektomiert. Eine Läsion der A. vesicalis inferior lag bei einer Beckenfraktur vor. Eine Aortenverletzung fand sich nach Messerstich in suizidaler Absicht.

Verletzungen der Bauch- und Thoraxwandarterien wurden 12-mal erfasst (Tab.2, Abb.4). 2 Herzverletzungen traten nach Messerstich in suizidaler Absicht und nach einer iatrogenen Perikardpunktion auf.

Isolierte Venenverletzungen konnten nur in einer geringen Anzahl gefunden werden (Tab.3; Abb.5). Vier tiefe Venenverletzungen der Extremitäten fanden sich einmal am Oberschenkel (V.femoralis) und am Unterarm (V. radialis) und 2-mal am Oberarm (V. subclavia).

Oberflächliche Verletzungen lagen am Unterarm vor (je 3-mal V. cephalica und V. basilica). In je einem Fall war die V.jugularis und V mesenterica superior verletzt (Tab.3, Abb. 5).

Tab.2: Lokalisation der arteriellen Gefäßverletzungen der I. Dekade
(1973- 1982)(n=98)

Supraaortale Gefäße	27
Hirnversorgende Gefäße	4
Gefäße der oberen Extremität	23

Körperstammgefäße	32
Aorta	1
Arterien aus der thorakalen Aorta	2
Arterien aus der abdominalen Aorta	29

Becken- Bein- Gefäße	39
Beckengefäße	5
Beingefäße	34

TOTAL	98
--------------	-----------

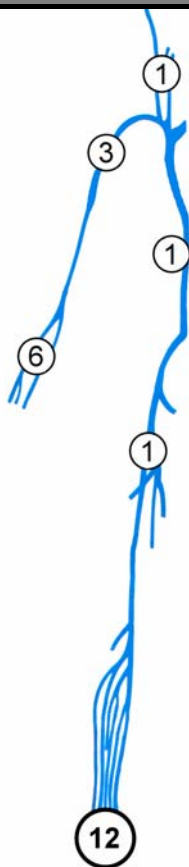
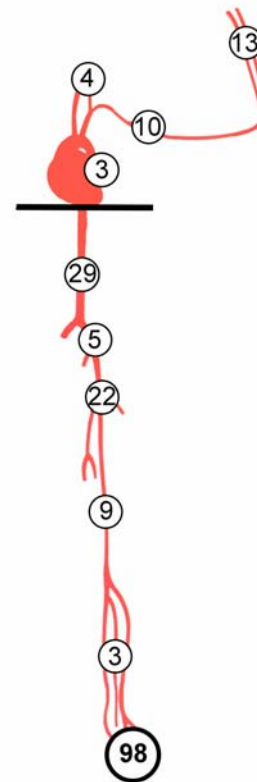


Abb.4: Lokalisation der arteriellen Gefäßverletzungen der I. Dekade (1973- 1982)(n=98)



Tab.3: Lokalisation der venösen Gefäßverletzungen der I. Dekade
(1973- 1982)(n=12)

Venen der Extremitäten	10
Oberflächliche Venen	6
Tiefe Venen	4
Venen des Körperstamms	2
V. subclavia	1
V. mesenterica superior	1
TOTAL	12

Abb.5: Lokalisation der venösen Gefäßverletzungen der I. Dekade (1973- 1982)(n=12)

3.1.2 Verletzungsarten in der I. Dekade (1973-1982)

Traumatisch bedingte Arterienverletzungen fanden sich in 71,4%, iatrogene in 19,4% und in suizidaler Absicht in 9,2% der Behandlungsfälle (Tab.4). Bei den traumatisch bedingten Verletzungen konnten nach Verkehrs- und Freizeitunfällen etwa gleich häufig Gefäßverletzungen gefunden werden (Tab.4). Die Verletzungen entstanden hauptsächlich bei Motorrad- und Fahrradunfällen und seltener durch Rasanztraumen mit einem PKW.

In der Freizeit traten Unfälle in der Regel als Schnittverletzungen durch Messer oder messerähnliche Gegenstände und durch zerbrochene Glasscheiben und auch als Schnitt- und/oder Stichverletzungen nach tätlichen Auseinandersetzungen auf.

Iatrogene Verletzungen waren Folge von fehlerhaften Präparationen während operativer Eingriffe und nach Gefäßpunktionen.

Gefäßverletzungen in suizidaler Absicht zeigten das bekannte Muster der Schnittverletzungen an den Unterarmen und fanden sich als Verletzung der Aorta nach Sturz aus großer Höhe.

Isolierte Venenverletzungen konnten nach 6 Freizeit- und 2 Verkehrsunfällen sowie nach je 2 Verletzungen iatrogener und suizidaler Natur erfasst werden (Tab.4). In 28 Fällen (27,5%) lag ein Polytrauma vor.

Tab.4: Verletzungsart der Gefäßverletzungen der I. Dekade (1973-1982)(n=110)

	Traumatisch			Iatrogen	Suizidal
	Verkehrsunfall	Arbeitsunfall	Freizeitunfall		
	n	n	n	n	n
Arterien	30	12	28	19	9
Venen	2	0	6	2	2
Summe	32	12	34	21	11

3.1.3 Verletzungsartenklassifikation in der I. Dekade (1973-1982)

3.1.3.1 Arterienverletzungen

Es lagen ausschließlich direkte Verletzungen vor, davon 29 stumpfe Arterienverletzungen (29,6%) und 69 scharfe Arterienverletzungen (70,4%).

Indirekte Gefäßverletzungen wie Arteriospasmus, Überdehnungsrisse und Dezelerationstraumata konnten nicht recherchiert werden (Abb.6, 7 nach Klassifikation nach Linder und Vollmar).

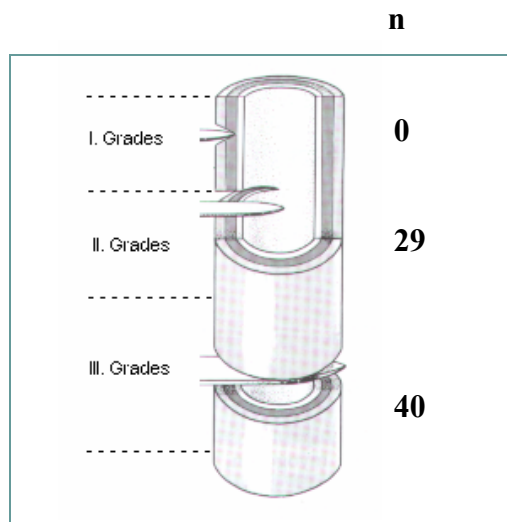


Abb.6: Anzahl der scharfen Gefäß-Verletzung in der I. Dekade (1973-1982)(n=69)

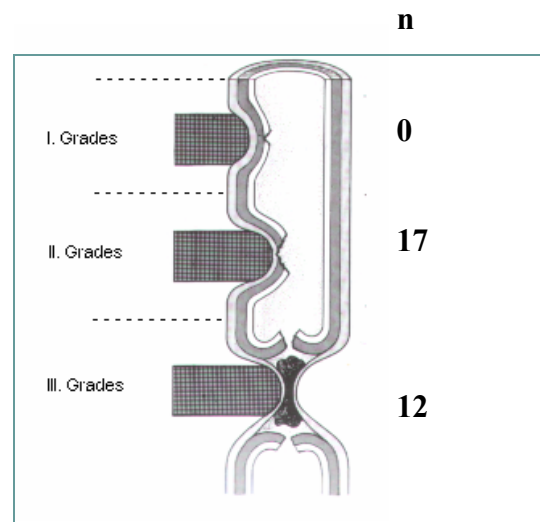


Abb.7: Anzahl der stumpfen Gefäß -Verletzung in der I. Dekade (1973-1982)(n=29)

3.1.3.2. Venenverletzungen

Venenverletzungen waren ausschließlich scharfe Verletzungen infolge Penetration. Es konnten 10 scharfe Verletzungen III. Grades und 2 scharfe Verletzungen II. Grades gefunden werden.

3.1.4 Diagnostik in der I. Dekade (1973-1982)

Tab.5: Diagnostik der Gefäßverletzungen in der I. Dekade (1973- 1982)

Diagnostik	Arterien	Arterien	Venen	Summe
	n	%	n	n
klinische Diagnose	53	51,9	4	57
Angiographie	29	28,4	0	29
Probefreilegung	24	23,5	7	31
Peritonealzentese	18	17,6	0	18
Computertomographien	2	2,0	0	2
Phlebographien	0	0	3	3
Cavographien	0	0	3	3
Native Röntgenaufnahmen	43	42,2	7	50

Die klinische Diagnose der Gefäßverletzungen wurde bei 53 Patienten (51,9%) mit dem Nachweis eines fehlenden Pulsstatus oder einer spritzenden Blutung gestellt. In 12 Fällen lagen trotz scharfer Arterienverletzung keine sichtbaren pulsierenden Blutungen vor, da sich das Gefäß spontan verschlossen hatte.

In 29 Behandlungsfällen (28,4%) war die klinische Diagnostik nicht eindeutig, so dass angiographiert werden musste. Durch Probefreilegungen konnte bei je 12 scharfen und stumpfen Arterienverletzungen der klinische Verdacht auf eine Gefäßverletzung bei totaler oder subtotaler Ischämie bestätigt werden. 18-mal (17,6%) führte eine Peritonealzentese nach stumpfen Abdominalverletzungen zur Diagnose Gefäßverletzung. In 2 Behandlungsfällen fanden sich stumpfe abdominelle Gefäßverletzungen erst durch Laparotomie bei abdomineller Symptomatik (Verletzung der A. iliaca communis nach Beckenfraktur und eine Verletzung der A. mesenterica superior bei Verdacht auf intraabdominelle Blutung). Röntgenaufnahmen dienten zum Ausschluss von Begleitverletzungen. (Tab.5).

3.1.5 Versorgung in der I. Dekade (1973-1982)

Tab.6: Versorgung von Arterienverletzungen in der I. Dekade (1973-1982)

Arterienversorgung	n	%
Direkte Naht/ Reanastomisierung	34	34,7
Autologes Venentransplantat	25	25,5
Protheseninterposition	1	1,02
Ligaturen	25	25,5
Extremitätenamputation	11	17,7
Keine Versorgung (wegen Ablebens vor Versorgung)	2	2,04

Tab.7: Versorgung von Venenverletzungen in der I. Dekade (1973-1982)

Versorgung	n	%
Direkte Naht	1	8,4
Autologes Venentransplantat	2	16,8
Ligatur	9	74,8

In der Versorgung der Gefäßverletzungen wurden die bekannten rekonstruktiven Standardverfahren vorrangig angewandt (Tab.6). In 2 Fällen erfolgte keine Versorgung wegen Ablebens der verletzten Patienten nach Diagnosenstellung wegen eines schweren hämorrhagischen Schocks, der nicht ausschließlich auf eine Gefäßverletzung zurückzuführen war. In beiden Fällen lagen Verletzungen der Arteriae iliacae communes vor.

Die am häufigste durchgeführte Versorgung einer Arterienverletzung war 34-mal die Versorgung durch direkte Naht als Einzelknopfnah und/oder Reanastomisierung nach vollständiger Gefäßdurchtrennung.

Mittels Patch- und Streifenplastiken bzw. Veneninterpositionen wurden 25 Arterien versorgt. 25-mal wurde eine Unterarmarterie nach Prüfung der vaskulären Versorgung des Unterarms ligiert. Bei einer Verletzung der A. poplitea erfolgte die Versorgung mittels PTFE- Prothese. Die Milz wurde nach Arterienverletzung 7-mal extirpiert, einmal wurde nephrektomiert.

In 11 Behandlungsfällen musste die verletzte Extremität nach Verletzung der Extremitätenarterie amputiert werden. In 3 Fällen wurde die Extremität primär auf Grund von gravierenden Weichteilzerquetschungen amputiert.

Venenverletzungen wurden überwiegend ligiert, da oberflächliche Extremitätenvenen betroffen waren und/oder ein ausreichender venöser Abfluss vorlag.

In 2 Behandlungsfällen wurde ein autologes Veneninterponat nach Verletzung der V. subclavia transplantiert und nach einer Verletzung der V. mesenterica superior erfolgte eine Versorgung mit einer direkten Naht (Tab.7).

3.1.6. Zeitintervalle der Arterienverletzungen in der I. Dekade (1973-1982)

Bei 64 Patienten mit scharfen und stumpfen Arterienverletzungen konnte in den ersten 6 Stunden nach dem Trauma eine Gefäßversorgung vorgenommen werden. Zwischen der 6. und der 14. Stunde wurden 17 Patienten versorgt. 9 Verletzte konnten erst nach einem und mehreren Tagen nach Trauma operiert werden (Abb.8). Die exzessiv verlängerte Intervallzeit bei stumpfen Arterieverletzungen weist auf die Problematik des Erkennens von stumpfen Arterienverletzungen hin. Die Erstversorgung von scharfen Arterienverletzungen war durch die Erstversorgung von schweren Begleitverletzungen 41 Minuten im Durchschnitt länger als bei stumpfen Arterienverletzungen. Die Recherche von Zeitintervallen bei Gefäßverletzungen war nicht in allen Behandlungsfällen möglich. Während das Zeitintervall von Einweisung bis zur Versorgung und Blutflussfreigabe einer Gefäßverletzung in 94,1% dokumentiert war, war eine Erfassung vom Unfall bis zur Einweisung in die definitiv versorgende Einrichtung und damit auch das Zeitintervall zwischen Unfall und Blutflussfreigabe nur in 71,6% möglich (Abb.9).

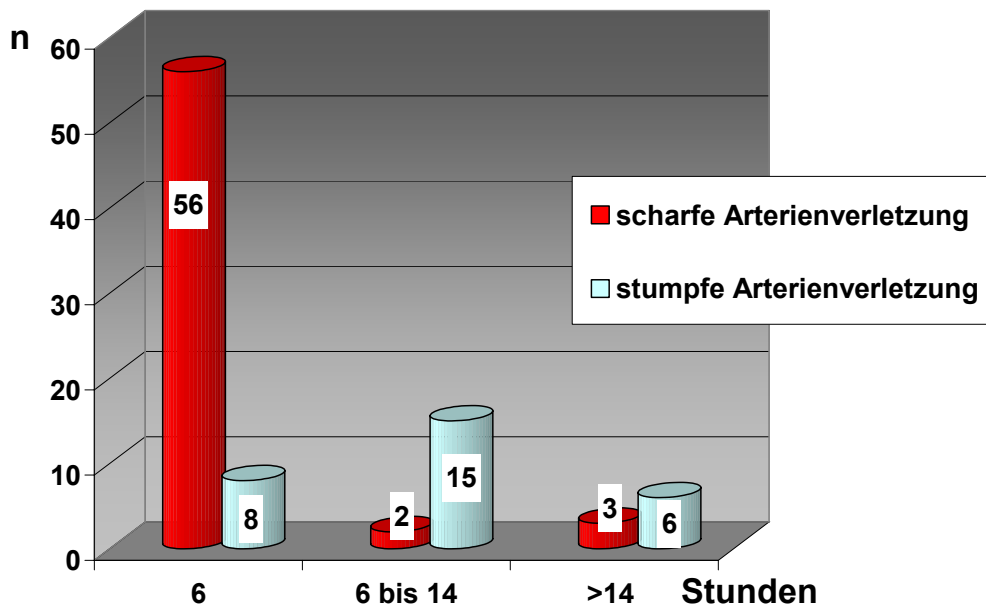


Abb.8: Anzahl der Versorgung scharfer (n=61) und stumpfer (n=29) Arterienverletzungen in den Zeitintervallen in der I. Dekade bei 90 Patienten (1973-1982)

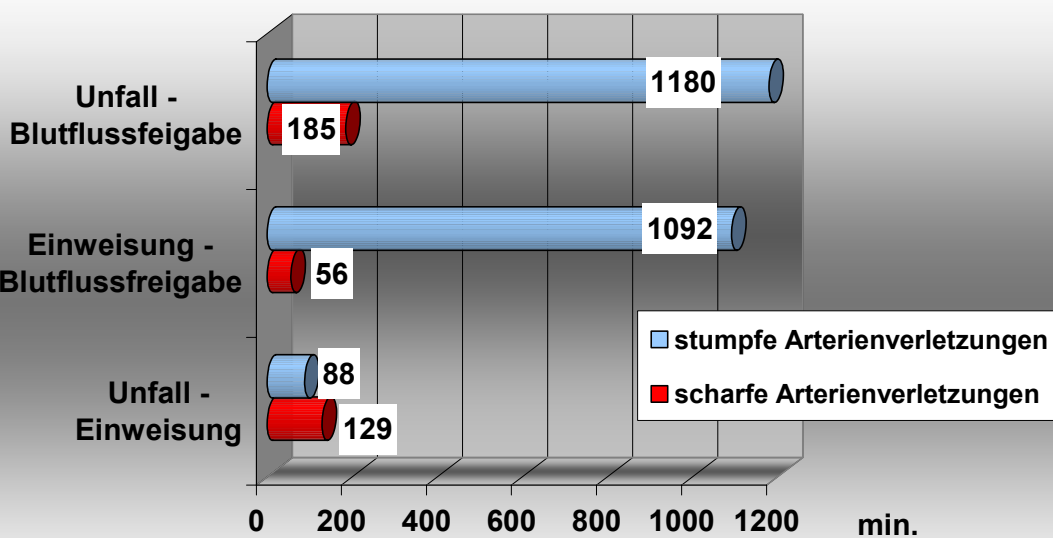


Abb.9: Zeitintervalle der stumpfen und scharfen Arterienverletzungen der I. Dekade (1973-1982)

3.1.6.1 Zeitintervalle der scharfen Arterienverletzungen der I. Dekade (1973-1982)

Im Durchschnitt vergingen 129 Minuten vom Unfall bis zur Einweisung bis die Verletzung definitiv versorgt werden konnte. Die durchschnittliche Zeit zwischen Unfall und Blutflussfreigabe lag bei scharfen Arterienverletzungen bei 185 Minuten. Die durchschnittliche Zeit im Krankenhaus zwischen Einweisung und Blutflussfreigabe nach definitiver Versorgung betrug 56 Minuten (Abb.9).

3.1.6.2 Zeitintervalle der stumpfen Arterienverletzungen der I. Dekade (1973-1982)

Bei 29 Patienten mit stumpfen Gefäßverletzungen konnten die Zeitintervalle ermittelt werden. Daraus ergab sich, dass vom Unfall bis zur stationären Einweisung im Durchschnitt 88 Minuten vergingen. Die Zeit von Einweisung bis zur Blutflussfreigabe nach Versorgung lag bei 1092 Minuten. Es fand sich also in der I. Dekade bei stumpfen Gefäßverletzungen eine Intervallzeit von 1180 Minuten zwischen Unfall und Blutflussfreigabe nach Versorgung, mit einer Standardabweichung von 404 Abb.8).

9 Patienten (8,8%) wurden zur Versorgung nach Arterienverletzungen verlegt. Die Zeit der Minderdurchblutung betrug im Durchschnitt 4Tage 18 Stunden und 45 Minuten (3 Stunden und 40 Minuten bis 21 Tage inkomplette Ischämie). 4 Patienten wurden auf Grund von erheblichen Weichteilverletzungen und einer Ischämiezeit von über 48 Stunden primär amputiert. Zwei Patienten mussten sekundär amputiert werden. Die Amputation erfolgte nach stumpfer Verletzung und einer Ischämiezeit von 275 Minuten (4 Stunden und 35 Minuten) sowie nach scharfer Arterienverletzung mit einer Ischämiezeit von 45 Minuten. Die Amputation erfolgte innerhalb der Ischämietoleranzgrenze auf Grund von schweren Weichteilschäden. Bei diesen Patienten lagen offene Ober- und Unterschenkelfrakturen vor.

3.1.7 Begleitverletzungen in der I. Dekade (1973-1982)

Begleitverletzungen wurden in 77 Behandlungsfällen (85,5%) ermittelt (Tab.8)

Es konnten 52 Frakturen und Luxationen (53,1%), 25 Nervenverletzungen (27,8%), 36 Weichteilverletzungen und Hämatombildungen (40%), 25 intraabdominelle (27,8%) und 5 intrathorakale Verletzungen (5,6%) gefunden werden.

15-mal lag ein begleitendes Schädelhirntrauma (16,7%) vor. Primäre

Extremitätenamputationen fanden sich 3-mal, je eine Oberarm- Unterarm- und

Unterschenkelamputation. Begleitende Venenverletzungen lagen bei 33,7% der Patienten mit Arterienverletzungen vor.

Bei allen iatrogenen Verletzungen und bei allen Verletzungen in suizidaler Absicht fanden sich keine Begleitverletzungen (Tab.8).

In 28 Behandlungsfällen (27,5%) waren die Patienten polytraumatisiert.

Tab.8: Begleitverletzungen der Arterienverletzungen in der I. Dekade (1973-1982)

Begleitverletzungen		n
Frakturen (51) (56,7%)	Claviculafrakturen	2
	Unterschenkelfrakturen	5
	Beckenfrakturen	10
	Unterarmfrakturen	8
	Rippenfrakturen	7
	Scapulafrakturen	2
	Oberschenkelfrakturen	8
	Patellafraktur	1
	Mittelgesichtsfrakturen	2
	Mittelhand- und Fingerfrakturen	5
	Oberarmfraktur	1
Luxation (1) (1,1%)	Hüftluxationen	1
Nervenverletzungen (25) (27,8 %)	N.radialis	4
	N.femoralis	3
	N.medianus	6

	N.suralis	1
	N.ulnaris	5
	N.peroneus	3
	Plexus brachialis	3
Venenverletzungen (33) (36,7 %)	V.renalis	2
	V.poplitea	3
	V.femoralis	3
	V.iliaca externa	1
	V.epigastrica	1
	V.brachialis	2
	V.radialis	6
	V.lienalis	6
	V.jugularis	2
	V.vesica urica	1
	V.subclavia	1
	V.cubitalis	1
	V.ulnaris	4
Kopf/ Halstrauma (15) (16,7%)	SHT	15
Thoraxverletzungen (21) (23,3%)	Perikardläsionen	2
	Hämato-Pneumothorax	3
	Stumpfes Thoraxtrauma	16
Verletzungen des Abdomen (25) (27,8%)	Harnblasenrupturen	3
	Harnröhrenabrisse	1
	Leberrupturen	5
	Milzrupturen	5
	Dünn-/Dickdarmeinrisse	6
	Nierenrupturen	3

Magenrupturen		2
Weichteilverletzungen (43) (47,8%)	Muskel-/ Weichteilverletzungen	36
	Sehnenverletzungen	5
	Verbrühungen/Verbrennungen	2

Begleitverletzungen bei isolierten Venenverletzungen konnten nicht erfasst werden.

3.1.8 Follow up der Patienten mit arteriellen Gefäßverletzungen in der I. Dekade (1973-1982)

Ein systematisches Follow up war nicht Gegenstand der Arbeit. Als posttraumatische Komplikationen fanden sich Amputationen, Aneurysmen, arteriovenöse Fisteln, Thrombosen, Blutungen, Wundinfektionen und dystrophe Hautareale. 9 Patienten verstarben an den Folgen der schweren Begleitverletzungen nach Polytrauma. Die sekundäre Amputationsrate nach arteriellen Gefäßverletzungen lag bei 3,5%.

Tab. 9: Follow up der Patienten mit arteriellen Gefäßverletzungen I. Dekade (1973-1982)

Follow up	n
Amputationen	2
Perikarditis (nach Perikardverletzung)	1
Aneurysma	4
AV- Fisteln	5
Gestorben	9

Bei 2 Patienten wurde posttraumatisch eine Depression diagnostiziert, die prätraumatisch bereits vorgelegen haben muss (Suizidversuch). 1 Patient verstarb ein halbes Jahr nach iatrogenen Verletzung der A iliaca externa (Katheteruntersuchung) an den Folgen eines Harnblasenkarzinoms.

Bei 21 Patienten zeigte sich im späteren Verlauf eine operationspflichtige pAVK wobei eine belastungsabhängige Ischämie durch die Stenose in Bereich der ehemaligen Verletzung verstärkt wurde. Die arteriovenösen Fisteln fielen durch die typischen klinischen Symptome nach iatrogenen und traumatischen Verletzungen auf, sie wurden verschlossen. Ein Patient mit einer av- Fistel musste später an einer Arterienstenose im Bereich der ehemaligen Fistelstelle operiert werden. Posttraumatische Aneurysmen fanden sich ausschließlich nach Verletzungen von 2 Oberschenkelarterien und 2 Arterien in der Kniegelenksregion. Die Korrektur erfolgte durch Exstirpation des betroffenen Gefäßabschnittes und Interposition eines autologen Venentransplantates.

Posttraumatische Komplikationen nach Venenverletzungen konnten nicht gefunden werden.

3.2 Ergebnisse der II. Dekade (1983-1992)

In der II. Dekade fanden sich 323 Gefäßverletzungen bei 303 Patienten, davon 284 Arterienverletzungen bei 264 Patienten und 39 isolierte Venenverletzungen bei 39 Patienten (Tab.11, 12; Abb.10, 11).

Bei 19 Patienten lagen Mehrfachgefäßverletzungen an den Extremitäten vor, darunter 12 Gefäßverletzungen der 2 Unterarmarterien und 7-mal waren 2 Unterschenkelarterien verletzt, 1-mal fand sich eine Mehretagenverletzung an einem Unterschenkel. Es betraf die Aa. poplitea, tibialis anterior und tibialis posterior.

Mehrfachvenenverletzungen konnten nicht ermittelt werden.

Die Geschlechterverteilung war wiederum eindeutig zum männlichen Geschlecht hin verschoben (206 Männer und 97 Frauen)(Abb. 10).

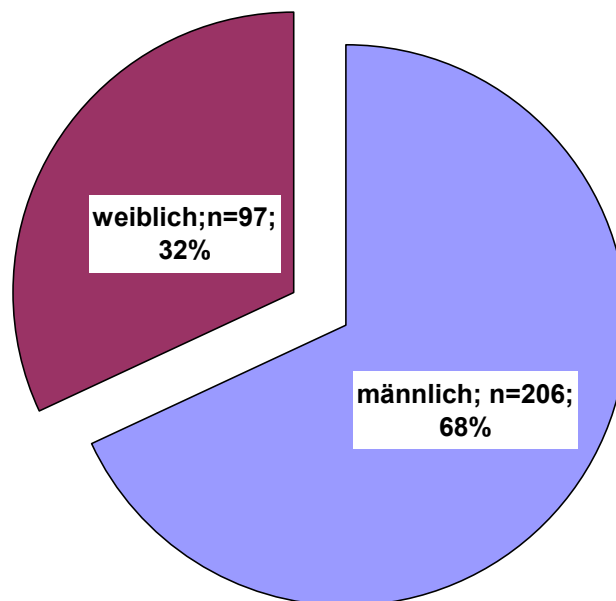


Abb.10: Prozentuale Geschlechterverteilung der II. Dekade (1983-1992)

Das Durchschnittsalter der Gefäßverletzten lag bei 34,3 Jahren (9 Tagen - 83 Jahren). In der Altersverteilung fand sich eine links schiefe Verteilung mit einem Gipfel in der Altersgruppe des 3.Dezennium (Abb.11).

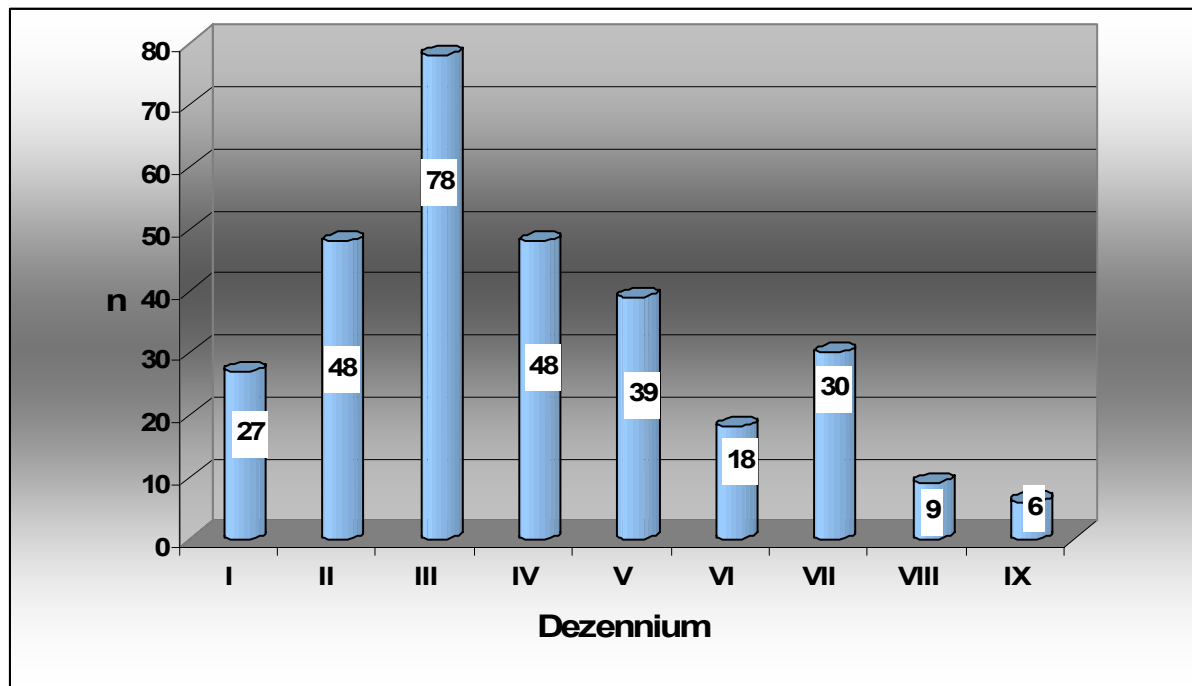


Abb.11: Altersverteilung der Gefäßverletzten in der II. Dekade (1983-1992)

3.2.1 Lokalisation der Gefäßverletzungen in der II. Dekade (1983-1992)

Es lagen 284 Arterienverletzungen bei 264 Patienten vor.

192-mal (72,7%) waren Extremitätenarterien betroffen, Körperstamm- und Eingeweidearterienverletzungen fanden sich in 58 Fällen (22%) und 5-mal waren Bauch- und Thoraxwandarterien verletzt (Tab.10, Abb.12).

Arterienläsionen der Schulter-Arm-Region wurden 100-mal gefunden, davon waren 56-mal Unterarmarterien und 34-mal Oberarmarterien betroffen. Die A. axillaris war 9-mal verletzt und in einem Fall fand sich nach Versorgung einer Oberarmfraktur eine iatrogene Durchtrennung der A. circumflexa humeri.

Im Beinbereich waren Oberschenkelarterie (41-mal) vor den Poplitealgefäßen (30-mal) am häufigsten betroffen. In 20 Fällen lagen Unterschenkelarterienläsionen vor. Einmal musste nach einem Motorradunfall die A. dorsalis pedis, rekonstruiert werden.

Eingeweidearterienverletzungen betrafen vor allem die A. lienalis (18-mal) und die A. mesenterica inferior (15-mal). Seltener waren die Aa. renalis (2-mal), hepatica (6-mal) und mesenterica superior (6-mal) betroffen. Milz- und Leberarterienverletzungen waren mit Parenchymzerstörungen der Milz und der Leber vergesellschaftet. Eine isolierte Verletzung der Gefäße fand sich nicht. In 2 Fällen musste die A. vesicalis superior in Zusammenhang mit Harnblasenruptur versorgt werden. Bauch- und Thoraxwandarterienläsionen (5-mal) waren

selten. In 31 Fällen waren supraaortale Gefäße betroffen, davon 16-mal die A. carotis und 15-mal die A. subclavia. 2-mal lagen Verletzungen der Aorta, 3-mal der A. iliaca und einmal der A. umbilicalis vor.

Bei 39 Patienten fanden sich 29 Venenverletzungen an den Extremitäten und 10 am Körperstamm (Tab.11, Abb.13). V. brachialis- Verletzungen (9-mal) waren am häufigsten. Seltener waren die Venen der unteren Extremitäten (3-mal V.femoralis und 2-mal V.poplitea) betroffen. Isolierte Läsionen der oberflächlichen Extremitätenvenen wurden 15-mal erfasst. Am häufigsten war dabei die V. cephalica (11-mal) betroffen. Zentrale Venenverletzungen wurden bei polytraumatisierten Patienten gefunden (3-mal V. cava, 2-mal V. mesenterica und 4-mal V. jugularis).

Tab.10: Lokalisation der arteriellen Gefäßverletzungen(n=284) in der II. Dekade (1983-1992)

Supraaortale Gefäße	131
Hirnversorgende Gefäße	16
Gefäße der Oberen Extremität	115
Körperstammgefäße	60
Gefäßäste der thorakalen Aorta	7
Gefäßäste der abdominalen Aorta	53
Becken- Bein- Gefäße	95
Beckengefäße	3
Beingefäße	92
Total	284

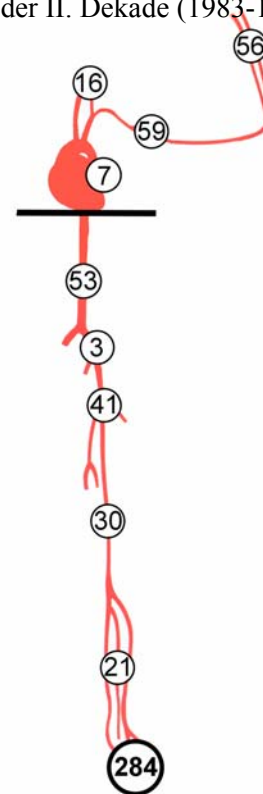


Abb.12: Lokalisation der arteriellen Gefäßverletzungen (n=284) in der II. Dekade (1983-1992)

Tab.11: Lokalisation der venösen Gefäßverletzungen (n=39) in der II. Dekade (1983-1992)

Venen der Extremitäten/Kopfes	29
Oberflächliche Venen	15
Tiefe Venen	14
Venen des Körperstamms	10
V. jugularis	4
V.mesenterica superior et inferior	2
V.cava superior	1
V.cava inferior	2
Interlobärvene	1
TOTAL	39

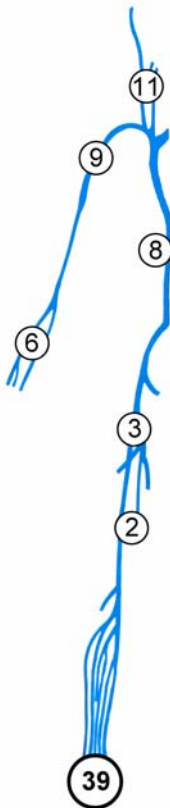


Abb.13: Lokalisation der venösen Gefäßverletzungen (n=39) der II. Dekade(1983-1992)

3.2.2 Verletzungsart in der II. Dekade (1983-1992)

Unfall bedingte Arterienverletzungen fanden sich 207-mal (78,4 %), iatrogene Verletzungen 39-mal (14,8 %) und Arterienverletzungen in suizidaler Absicht lagen in 18 Behandlungsfällen (6,8 %) (Tab.13) vor.

Das Groß der Verletzungen trat nach Verkehrsunfällen (102 Motorrad- und PKW- Unfälle und 3 Fahrradunfälle) und Schnittverletzungen mit einem Messer, messerähnlichen Gerät, sowie zerbrochene Glasscheiben, gefolgt von Schussverletzungen infolge tätlicher Auseinandersetzungen und Jagdunfällen auf.

Iatrogene Verletzungen entstanden 8-mal intraoperativ, 4-mal durch Verwechslung der Arterie mit einer Vene bei Venae sectio. In 2 Fällen wurde die A. femoralis superficialis (bei 7 Monate und 12 Tage alten Säuglingen) und in je einem Fall die Arteria brachialis (23jährige Patientin) und die Arteria carotis communis (9 Tage alter Säugling) verletzt. Nur 2-mal wurde die Verwechslung intraoperativ (bei Aa. brachialis et femoralis superficialis) diagnostiziert. In 31 Fällen lagen iatrogene Gefäßverletzungen nach interventionsdiagnostischen und -therapeutischen Maßnahmen vor. (Tab.12).

Tab.12: Verletzungsart der Gefäßverletzungen der II. Dekade (1982-1993)

Verletzungen					
	Traumatisch			Iatrogen	Suizidal
	Verkehrsunfall	Arbeitsunfall	Freizeitunfall		
	n	n	n	n	n
Arterien	105	33	69	39	18
Venen	24	3	3	6	3
Summe	129	36	72	45	21

Venenverletzungen fanden sich traumatisch bedingt in 30 Fällen, des weiteren lagen 6 iatrogene Verletzungen und 3 Verletzungen in suizidaler Absicht vor (Tab.12)

3.2.3 Klassifikation in der II. Dekade (1983-1992)

3.2.3.1 Arterienverletzungen

Es lagen ausschließlich direkte Verletzungen der Grade II und III nach Linder und Volmar vor. Scharfe Arterienverletzungen (217 = 76,4%) konnten deutlich häufiger gefunden werden als stumpfe Verletzungen (65 = 23,6%) (Abb.14, 15).

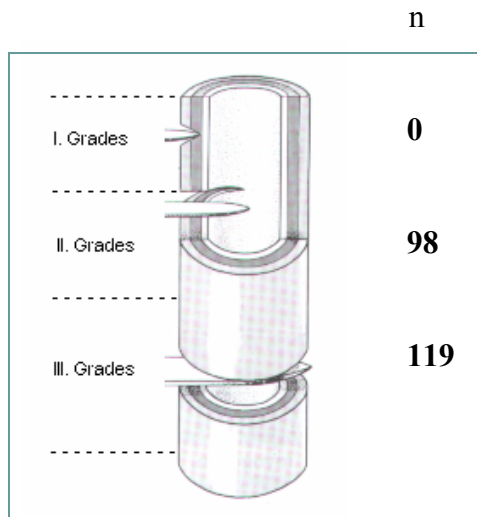


Abb.14: Anzahl der scharfen Gefäß-Verletzungen in der II. Dekade(1983-1992)

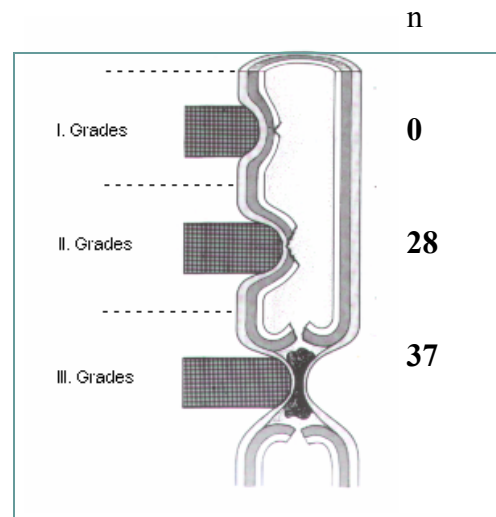


Abb.15: Anzahl der stumpfen Gefäß-Verletzungen in der II. Dekade(1983-1992)

In 2 Fällen fanden sich indirekte Arterienverletzungen der A. axillaris und der A. brachialis nach Schulterluxation.

3.2.3.2 Venenverletzungen

Venenverletzungen waren infolge penetrierender Ursachen ausschließlich scharfe Verletzungen. Es konnten 24 scharfe Verletzungen III. Grades und 15 scharfe Verletzungen II. Grades gefunden werden. In einem Fall wurde sich eine Vena cava inferior- Verletzung kombiniert mit einer Verletzung der Vena renalis gefunden. Stumpfe und scharfe Verletzungsformen lagen nicht parallel vor.

3.2.4 Diagnostik in der II. Dekade (1983-1992)

Ein fehlender Puls und eine spritzende Blutung führten bei 146 Patienten (55,3%) zur klinischen Diagnose. 45-mal wurde durch eine Probefreilegung bei inkompletter Ischämie und Blutung der Verdacht auf eine Gefäßverletzung bestätigt. In 63 Fällen wurde nach stumpfen Verletzungen und nicht sichtbaren Blutungen angiographiert. Doppler- und Duplexsonographie wurde am Ende der Dekade vermehrt eingesetzt. 33-mal wurden Arterienverletzungen durch diese Methoden nachgewiesen, vor allem nach stumpfen Verletzungen. Die Peritonealzentese wurde selten als diagnostisches Mittel angewandt. 10 Bauchraumspülungen führten in 8 Fällen zur Laparotomie, in 2 Fälle konnte ein Hämatooperitoneum ausgeschlossen werden. Phlebographien und Cavographien dienten bei Patienten mit Arterienverletzungen zum Ausschluss von venösen Begleitverletzungen. CT-Untersuchungen erfolgten zum Ausschluss von intracerebralen- intrathorakalen- und intraabdominellen Verletzungen. Eine Gefäßverletzung wurde dadurch nicht bestätigt. Weitere Untersuchungen dienten zum Ausschluss von Begleitverletzungen und Komorbiditäten (Tab.13). Röntgenaufnahmen bestätigten oder schlossen Frakturen und Luxationen aus.

Tab.13: Diagnostik der Gefäßverletzungen in der II. Dekade (1983-1992)

Diagnostik	Arterien n	Arterien %	Venen n	Summe n
Pulsstatus/ klinische Diagnose	146	55,3	18	164
Probefreilegung	44	16,7	1	45
Angiographie	63	23,9	0	63
Doppler/Duplex	33	12,5	0	33
Computertomographien	7	2,7	2	9
Phlebographien	6	2,3	4	10
Cavographien	2	0,8	0	2
Peritonealzentese	6	2,3	0	6
Nierenzintigraphie	2	0,8	0	2
Sonographie	20	7,6	13	33
Native Röntgenaufnahmen	200	75,8	1	201
EMG	1	0,4	0	1

3.2.5 Versorgung in der II. Dekade (1983-1992)

In der Versorgung der Gefäßverletzungen wurden die Standardverfahren angewandt. Die am häufigste durchgeführte OP-Methode war die direkte Gefäßnaht (38,4%) als Einzelknopfnah und/oder Reanastomisierung sowie die Versorgung mit autologer Vene als Interponat, Patch oder Bypass (33,5%). In 28 Behandlungsfällen wurde die verletzte Arterie ligiert. Dies geschah ausschließlich bei Verletzungen von Unterarmarterien und Unterschenkelarterien nachdem die arterielle Versorgung der Extremität durch einen ausreichenden Kollateralkreislauf gesichert war. Protheseninterpositionen (Dacron oder PTFE) wurden bei Arterien mit einem Durchmesser größer als 8mm eingesetzt. 29-mal wurde das nachgeschaltete Organ (18 Splenektomien, 2 Nephrektomien und 9 Darmsegmentresektionen) entfernt. 11 Extremitäten wurden nach peripheren Arterienverletzungen primär amputiert(Tab.14).

Tab.14: Versorgung von Arterienverletzungen in der II. Dekade (1983-1992)

Arterienversorgung	n	%
End-zu-End-Naht/ Reanastomisierung	109	38,4
Autologes Venentransplantat	95	33,5
Protheseninterposition	12	4,2
Primäre Extremitätenamputation	11	3,9
Ligaturen	28	9,8
Gefäßligaturen vor Organextirpation	29	10,2
Summe	284	

Oberflächliche Venenverletzungen wurden ausschließlich ligiert. Tiefe Venen wurden überwiegend ligiert oder durch eine direkte Naht, wenn kein ausreichend venöser Abfluss vorlag, versorgt. 3 Vena cava-Verletzungen wurden mit PTFE- Prothesen therapiert. In ebenfalls 3 Fällen erfolgte die Versorgung mittels autologen Venentransplantat (Tab.15).

Tab.15: Versorgung von Venenverletzungen in der II. Dekade (1983-1992)

Venenversorgung	n	%
Direkte Naht	15	38,5
Autologes Venentransplantat	3	7,7
Ligatur	18	46,2
PTFE- Prothese	3	7,7

3.2.6 Zeitintervalle der Arterienverletzungen in der II. Dekade(1983-1992)

Bei allen Patienten mit scharfen Arterienverletzungen erfolgte innerhalb der ersten 14 Stunden nach Ereignis die Diagnosenstellung und Gefäßversorgung. Bei 18 Patienten mit stumpfen Arterienverletzungen konnte in den ersten 6 Stunden nach dem Trauma eine Gefäßversorgung vorgenommen werden (Abb.16).

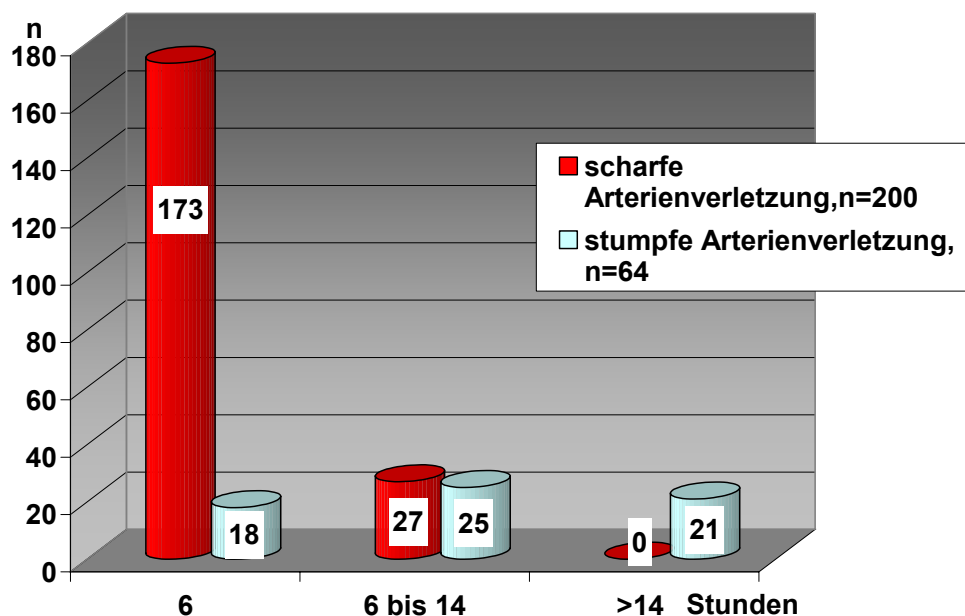


Abb.16 Anzahl der Versorgung scharfer und stumpfen Arterienverletzungen in den Zeitintervallen in der II. Dekade bei 264 Patienten (1983-1992)

Zwischen der 6. und der 14. Stunde wurden 25 Gefäßläsionen rekonstruiert. 21 stumpfe Arterienverletzungen konnten erst nach mehr als 14 Stunden nach Trauma versorgt werden (Abb.16).

Die Recherche der Zeitintervalle war nicht bei allen Gefäßverletzungen möglich.

Während das Zeitintervall von Einweisung bis zur Versorgung in 298 Fällen (57 stumpfen und 241 scharfen Verletzungen) in 98,3% dokumentiert war, war eine Erfassung vom Unfall bis zur Einweisung in die definitiv versorgende Einrichtung und damit auch das Zeitintervall zwischen Unfall und Versorgung nur in 89,4% möglich (Abb.17).

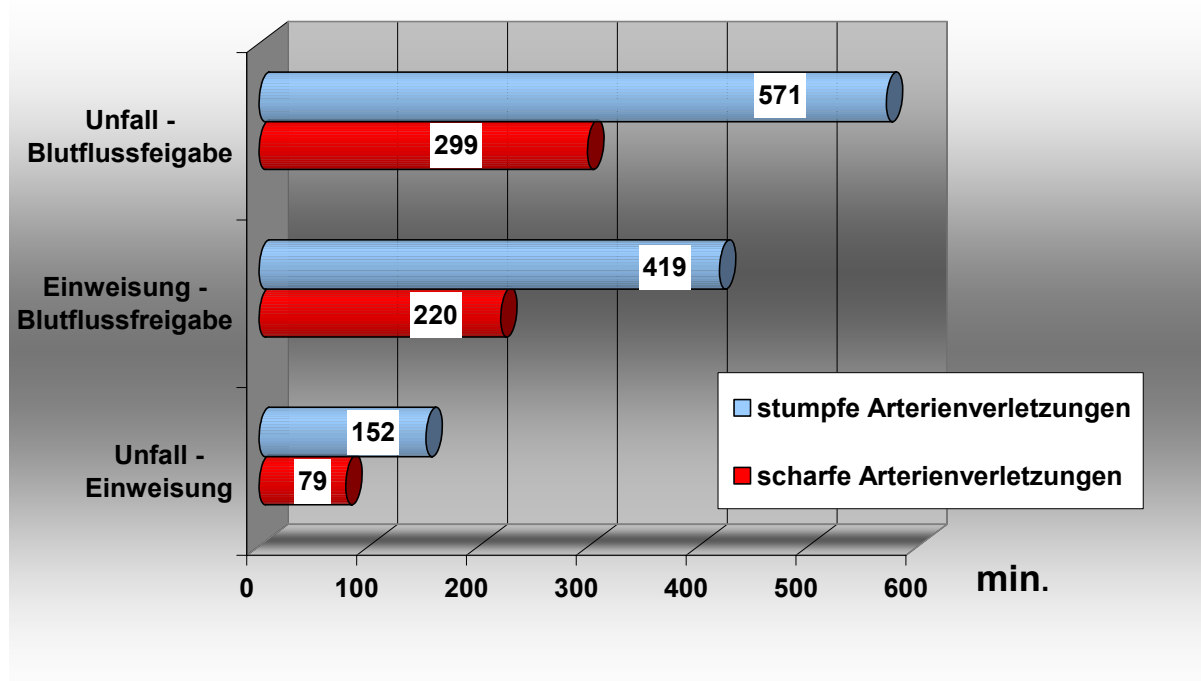


Abb.17: Zeitintervalle der scharfen und stumpfen Arterienverletzungen der II. Dekade (1983-1992)

3.2.6.1 Zeitintervalle der scharfen Arterienverletzungen der II. Dekade (1983-1992)

Zwischen Unfall und Einweisung lagen im Durchschnitt 79 Minuten. Im Krankenhaus wurden zur Vorbereitung auf die operative Versorgung im Durchschnitt 73 Minuten und weitere 147 Minuten bis zur Blutflussfreigabe benötigt. Das Zeitintervall von Beginn der OP

bis zur Blutflussfreigabe konnte allerdings nur bei 104 scharfen Arterienverletzungen erfasst werden.

Daraus ergibt sich, dass bei scharfen Arterienverletzungen durchschnittlich 299 Minuten eine Strombahnwiederherstellung erreicht wurde (Abb.17).

3.2.6.2 Zeitintervalle der stumpfen Arterienverletzungen der II. Dekade (1983-1992)

Im Durchschnitt vergingen bei stumpfen Arterienverletzungen 152 Minuten vom Unfall bis zur Einweisung. Die durchschnittliche Zeit zwischen Einweisung und Beginn der operativen Versorgung lag bei 242 Minuten. Daraus ergibt sich eine Zeitspanne zwischen Unfall und Beginn der operativen Versorgung von im Durchschnitt 394 Minuten. 51-mal (89%) konnte eine exakte Zeitbestimmung bis zur Blutflussfreigabe ermittelt werden (177 Minuten).

Die Zeitspanne von Unfall bis Blutflussfreigabe betrug 571 Minuten (Abb.17).

Die Intervallzeiten von 2 indirekten Arterienverletzungen sind sicher nicht repräsentativ. Vom Unfall bis Erstversorgung vergingen 57,5 Minuten (70 und 45 min.), 115 Minuten nach dem Unfall erfolgte die stationäre Einweisung (110 und 120 Minuten) und nach 397 Minuten (180 und 615 Minuten) waren die Gefäße rekonstruiert

32 Patienten (10,6%) mit Arterienverletzungen wurden aus auswärtigen Einrichtungen verlegt. Bei einer durchschnittlichen Minderdurchblutungszeit von 629 Minuten mussten bei 6 Patienten die betroffenen Extremitäten amputiert werden. Die Ischämiezeit bei diesen Patienten lag bei 553 Minuten.

3.2.7 Begleitverletzungen in der II. Dekade (1983- 1992)

Tab.15: Begleitverletzungen bei Arterienverletzungen in der II. Dekade (1983-1992)

Begleitverletzungen		n
Frakturen (149) (56,4%)	Scapulafrakturen	3
	Claviculafrakturen	4
	Unterschenkelfrakturen	26
	Beckenfrakturen	12
	Unterarmfrakturen	18
	Rippenfrakturen	9
	Oberschenkelfrakturen	34
	Fußwurzelfraktur	6
	Schädel/Gesichtsfrakturen	5
	Mittelhand- und Fingerfrakturen	9
	Oberarmfraktur	20
	Wirbelkörperfrakturen	3
Luxationen (21) (8%)	Ellbogenluxationen	6
	Mittelhandluxationen	6
	Hüftluxationen	3
	Kniegelenkluxationen	6
Nervenverletzungen (99) (37,5%)	N.facialis	3
	N.medianus	39
	N.radialis	12
	N.ulnaris	27
	N.peroneus	6
	Plexus brachialis	6
	N.tibialis	6
	Augenverletzung	2

Venenverletzungen (76) (28,8%)	V. jugularis interna	5
	V. axillaris	2
	V. subclavia	3
	V. cubitalis	6
	V. ulnaris	12
	V. radialis	18
	V. lienalis	2
	V. renalis	3
	V. iliaca externa	2
	V. epigastrica inferior	2
	V. femoralis	16
	V. poplitea	5
Weichteil-/ Sehnenverletzungen (154) (58,3%)	Muskel-/ Weichteilverletzungen	61
	Sehnenverletzungen	84
	Kniebinnenschäden	9
Kopf/Halstrauma (10)(3,8%)	Augenverletzung	2
	SHT	6
	Duraverletzungen	2
Thoraxverletzungen (25) (9,5%)	Herzverletzungen	3
	Perikardläsionen	2
	Zwerchfellrupturen	7
	Hämato-Pneumothorax	3
	Stumpfes Thoraxtrauma	10
Abdomenverletzungen (50) (18,9%)	Milzrupturen	18
	Dünn-/Dickdarmeinrisse	6
	Nierenrupturen	3
	Leberrupturen	12
	Magenperforationen	3
	Stumpfes Bauchtrauma	8

Bei 303 Patienten mit Arterienverletzungen fanden sich 99-mal (37,5%) Nerven- und 2 Augenverletzungen, wobei vor allem Nerven der oberen Extremität betroffen waren (84-mal = 84%). Nur 12-mal waren Nerven der unteren Extremität verletzt und in 3 Fällen lagen Gesichtsnervendurchtrennungen vor.

Begleitende Venenverletzungen zeigten sich bei 76 Patienten (28,8%) und Frakturen und Luxationen bei 170 Patienten (64,4%).

Verletzungen parenchymatöser Organe lagen als Nierenverletzung, Mesenterialeinrisse, Milz- und Leberrupturen. Des weiteren fanden wir Dünn- und Dickdarmeinrisse, Magen-, Herz- und Perikardverletzungen und Zwerchfellrupturen vor.

Stumpfe Thorax- und Abdominaltraumas sowie Schädelhirnverletzungen traten im Zusammenhang mit Verkehrsunfällen (24-mal) auf. Weichteil- und Sehnenverletzungen lagen in 84 Fällen an den Extremitäten und 9-mal als Kniebinnenschäden vor. Bei allen in suizidaler Absicht entstandenen Verletzungen fanden sich Weichteilschäden (Tab.15).

Isolierten Venenverletzungen zeigten die bekannte hämodynamische Wirkung. In 19 Fällen war ein Volumenmangelschock das dominante Symptom. 4-mal lagen Verletzungen parenchymatöser Organe (10,3%) und 18-mal Frakturen und Luxationen vor (46,2%). In 3 Fällen wurden Nerven im Gesicht und am Unterarm geschädigt (1-mal Facialisparese, 2-mal N. medianus- Verletzungen). Schädelhirntraumen (2-mal) und eine Herzbeutelverletzung (1-mal) traten selten auf. Einmal fand sich ein Apoplex, der im zeitlichen Zusammenhang mit einer Venenverletzung auftrat (Tab. 16).

Tab.16: Begleitverletzungen bei Venenverletzungen in der II. Dekade (1983-1992)

Begleitverletzungen		n
Frakturen (16)	Unterschenkelfrakturen	6
	Oberschenkelfrakturen	4
	Beckenfrakturen	4
	Gesichtsfrakturen	2
Luxation (2)	Hüftluxationen	2
Nervenverletzungen (4)	Apoplex	1

	N. facialis	1
	N. medianus	2
Kopf/Hals	SHT	2
Thorax	Perikardverletzungen	1
	Stumpfes Thoraxtrauma	6
Abdomen	Leberrupturen	2
	Stumpfes Bauchtrauma	8
	Magen- und Darmverletzungen	2
Weichteilverletzungen	Muskel-/ Weichteilverletzungen	30
	Sehnenverletzungen	6
Schock	hämorrhagisch	19

3.2.8 Follow up der Patienten mit Gefäßverletzungen in der II. Dekade (1983-1992)

Als posttraumatische Folgezustände fanden sich bei 42 Patienten Aneurysmen und bei 28 Patienten arteriovenöse Fisteln. Die Aneurysmen traten vermehrt in der Ellenbeuge nach Katheteruntersuchungen der Herzkranzgefäße über die A. cubitalis. Die Therapie der Aneurysmen erfolgte nach Resektion des Aneurysma mit angeschrägter End-zu-End-Anastomose und autologen Venen- oder Kunststoffinterponaten. Arteriovenöse Fisteln fanden sich fast ausschließlich nach penetrierenden Verletzungen, nur in einem Fall einer stumpfen Verletzung mit begleitender Oberschenkelfraktur konnte eine arteriovenöse Fistel im Oberschenkelbereich gefunden werden. In der Mehrzahl der Fälle konnten die Fistel durch die einfache Trennung der Gefäße und die seitliche Gefäßnaht versorgt werden. 2 aneurysmatisch veränderte Fisteln mussten exstirpiert und die Arterie mit PTFE-Prothesen versorgt werden. Serome und Hämatome zeigten sich postoperativ 44-mal. In 32 Fällen mussten arterielle

Thrombosen revidiert werden. Nach arteriellen Verletzungen wurde 20-mal. 13 Patienten verstarben infolge der schweren Begleitverletzungen nach einem Polytrauma (Tab.18).

Des Weiteren lagen 16 Neurome der peripheren Nerven als Folge von Nervenbegleitverletzungen und 4 posttraumatische Osteomyelitiden vor.

Nach Nierenparenchymverletzungen kam es in 3 Fällen zur Niereninsuffizienz, die nicht zwingend auf die Verletzung zurück zu führen war. Ein 3 Jahre nach Unfall diagnostiziertes Lungenemphysem scheint nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit einer Verletzung der Arteria femoralis communis zu stehen. Bei Patienten mit Arteria carotis-Verletzung trat ein apoplektisches Geschehen und in je 2 Fällen verblieb bzw. traten eine Facialisparesie und eine einseitige Amaurosis ein. In 8 Behandlungsfällen lagen nach Abdominaleingriff wegen intraabdominellen Verletzungen postoperative Peritonitiden vor.

Bei 6 Patienten wurden behandlungsbedürftige Depressionen diagnostiziert, die nicht Folge sondern Ursache der suizidalen Arterienverletzungen waren.

Bei einem Patienten musste später eine Herzklappenoperation durchgeführt werden, die in einem Zusammenhang zur stattgehabten Herzverletzung stehen könnte.

Tabb.18:Follow up der Patienten mit arteriellen Gefäßverletzungen der II. Dekade (1983-1992)

Follow up	n	Follow up	n
Aneurysma	42	Apoplex	1
Arteriovenöse Fisteln	28	Amaurosis	2
Amputationen	20	Facialisparesie	2
Thrombosen	32	Depression	6
Hämatome und Serome	44	Peritonitis	8
Tod	13	Herzklappenersatz	1
Osteomyelitis	4	Niereninsuffizienz	3
		Lungenemphysem	1

Eine operationspflichtige pAVK fand sich bei 23 Verletzten. Ein Zusammenhang zur Gefäßverletzung scheint nicht vorzuliegen. In keinem Fall war die ehemals verletzte Gefäßregion stenotisch verändert (Tab.18).

Nach Venenverletzungen lagen Ödeme, Thrombosen und postthrombotische Syndrome vor (Tab.19).

Tab.19: Follow up der Venenverletzungen aus der II. Dekade (1983-1992)

Follow up	n	Follow up	<i>n</i>
Ödeme	12	Amputationen	3
Thrombosen	32	Niereninsuffizienz	1
Postthrombotisches Syndrom	2		

3.3 Ergebnisse der III. Dekade (1993–2002)

Bei 491 Patienten lagen 539 Gefäßverletzungen vor, davon waren 481 Arterienverletzungen bei 433 Patienten und 58 isolierte Venenverletzungen bei 58 Patienten (Tab.20, 21; Abb. 20, 21).

48 Patienten wiesen Mehrfachgefäßverletzungen ausschließlich an den Extremitäten auf. In 39 Fällen waren Mehretagegefäßverletzungen an der gleichen Extremität und in 9 Fällen an unterschiedlichen Extremitäten zu finden. Davon waren 4 Kombinationsverletzungen von Arterien und Venen (2x A. brachialis.- V. femoralis, je 1x A. poplitea – V. subclavia und A. radialis – V. femoralis) und 5 Arterienläsionen an unterschiedlicher Körperregionen (3x A. brachialis – A. poplitea, je 1x A. brachialis – A. poplitea und A brachialis – A. brachialis).

In der Geschlechterverteilung zeigte sich wiederum eine eindeutige Verschiebung zum männlichen Geschlecht. 338 Männer und 153 Frauen wurden im Zeitraum von 1993 bis 2002 bei aufgetretenen Gefäßverletzungen gefäßchirurgisch versorgt (Abb.18).

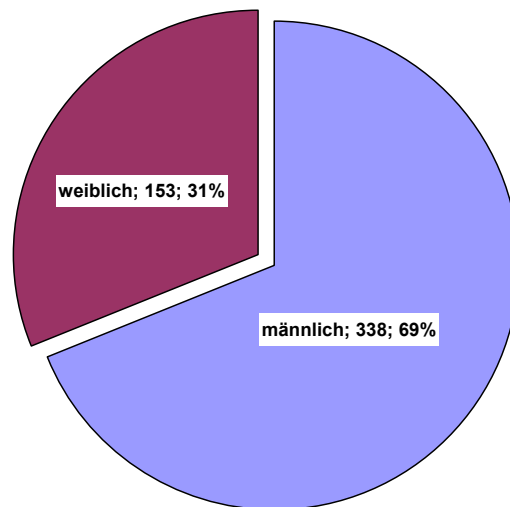


Abb.18: Prozentuale Geschlechterverteilung III. Dekade (1993-2002)

Das Durchschnittsalter der Gefäßverletzten lag bei 45,4 Jahren (10 Monate – 86 Jahre).

Es lag eine von einer Gauß'schen Verteilungskurve abweichende konstante Altersverteilung in den Dezennien vor. Erhebliche Abweichungen zeigten sich bei den ganz jungen und ganz alten Patienten (Abb.19).

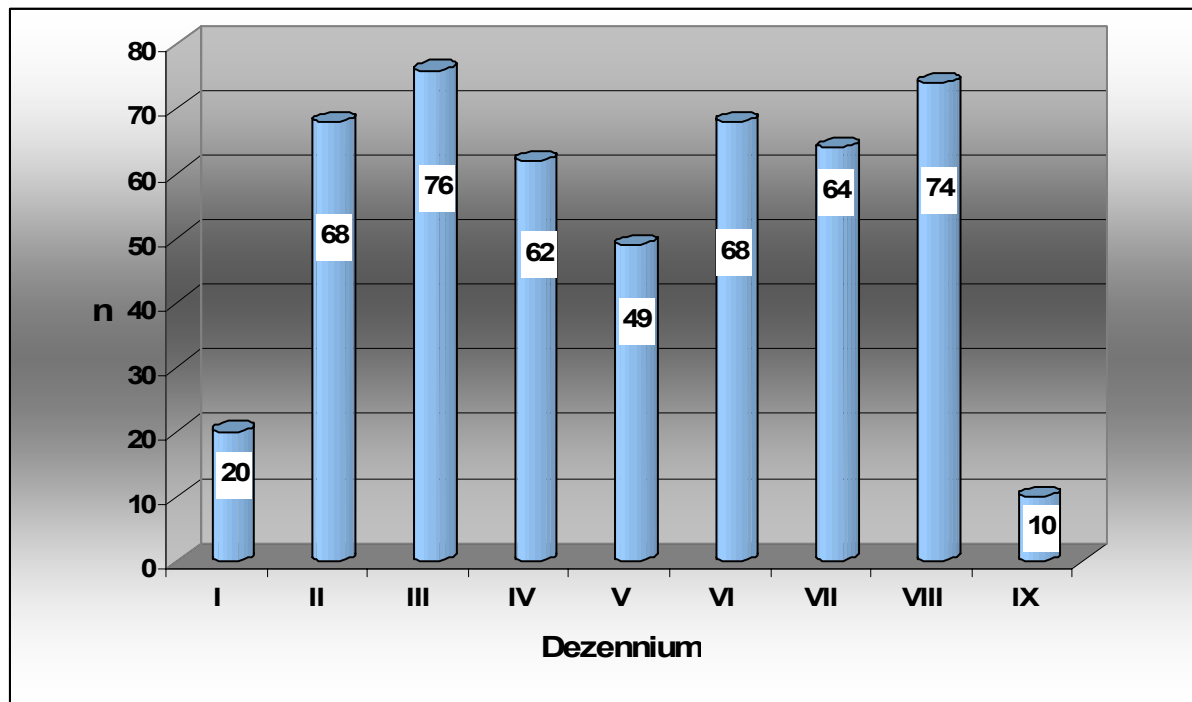


Abb.19: Altersverteilung der Gefäßverletzten in der III. Dekade (1993-2002)

3.3.1 Lokalisation der Gefäßverletzungen in der III. Dekade (1993-2002)

Bei 433 Patienten lagen 481 Arterienverletzungen und bei 58 Patienten 58 isolierte Venenverletzungen vor:

In 397 Behandlungsfälle (78,8 %) waren Arterien der Extremitäten betroffen. Dabei zeigte sich, dass die obere Extremität (223) häufiger betroffen war als die Untere (174). Die A. radialis (72-mal), ulnaris (72-mal) und brachialis (76-mal) waren etwa gleichhäufig betroffen. Selten war die A. axillaris (3-mal) betroffen. Die A. femoralis war die am häufigsten verletzte Arterie (99-mal) der unteren Extremität, 56-mal war die A. poplitea und in 18 Fällen waren Unterschenkelarterien lädiert. Einmal wurde die A. circumflexa femoris lateralis iatrogen nach Hüfttotalendoprothesenimplantation verletzt. Gefäßläsionen der Aa. iliacae lagen 19-mal (A. iliaca externa (14), A. iliaca interna (3) und A. iliaca communis (2)) vor. Arterien der abdominalen Aorta waren 46-mal betroffen, davon 18 Verletzungen der A. lienalis, 9 der A. renalis, 4 der A. hepatica, 11 der Aa. mesentericae und je eine der A. sacralis lateralis, der A. subphrenica und der A. gastroduodenalis. Verletzungen von Arterien der thorakalen Aorta fanden sich wesentlich seltener. Es konnten 2 Verletzungen der A. costalis und 3 der A. thoracica interna registriert werden. 4-mal lagen Verletzungen der A. carotis externa und

communis vor. 3 Aortendissektionen fanden sich einmal abdominal und 2-mal thorakal. (Tab.20; Abb. 20).

Bei 58 Patienten lagen 58 Venenverletzungen in folgenden Körperregionen vor: 29-mal waren tiefe Extremitätenvenen verletzt, davon 12-mal die V. femoralis, 4-mal die V. poplitea und je 2-mal die V. tibialis anterior und V. axillaris sowie 9-mal die V. brachialis. Es fanden sich nur 3 Verletzungen von oberflächlichen Venen (2-mal V. mediana cubiti und einmal V. basilica).

Die V. subclavia (8-mal) wurde doppelt so häufig verletzt wie V. jugularis interna (4-mal) und die V. mesenterica superior (4-mal). Je 5-mal wurden Verletzungen der V. cava und der V. lienalis gefunden (Tab.21, Abb. 21).

Tab.20: Lokalisation der arteriellen Gefäßverletzungen (n=481) in der III. Dekade (1993-2002)

Supraaortale Gefäße	235
Hirnversorgende Gefäße	4
Gefäße der oberen Extremität	231
Körperstammgefäße	53
Gefäßäste der thorakalen Aorta	7
Gefäßäste der abdominalen Aorta	46
Becken- Bein- Arterien	193
Beckenarterien	19
Beinarterien	174
TOTAL	481

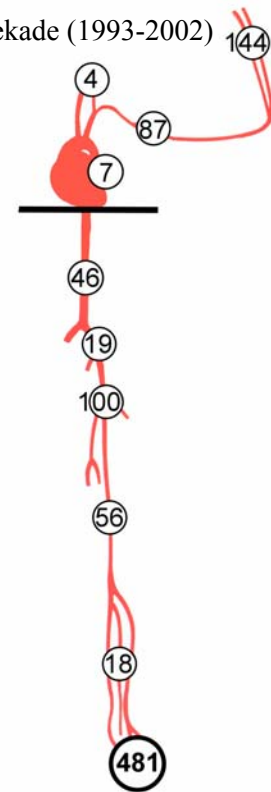
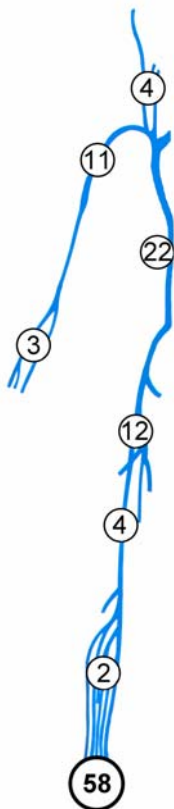


Abb.20: Lokalisation der arteriellen Gefäßverletzungen (n=481) in der III. Dekade (1993-2002)



Tab.21: Lokalisation der venösen Gefäßverletzungen (n=58) in der III. Dekade (1993-2002)

Venen der Extremitäten/Kopfes	32
Oberflächliche Venen	3
Tiefe Venen	29
Körperstammvenen	26
V. cava	5
V. lienalis	5
V. mesenterica superior	4
V. subclavia	8
V. jugularis	4
TOTAL	58

Abb.21: Lokalisation der venösen Gefäßverletzungen (n=58) in der III. Dekade (1993-2002)

3.3.2 Verletzungsart in der III. Dekade(1993-2002)

Durch Unfall bedingte Arterienverletzungen fanden sich in 63,3%, iatrogene in 28,4% und in 8,3% der Behandlungsfälle lagen in suizidaler Absicht verursachter Gefäßverletzungen vor (Tab.22). Arterienverletzungen durch PKW- und LKW-Unfälle fanden sich in 47,8%. In der Freizeit traten Unfälle wiederum in der Regel als Schnittverletzungen durch Messer oder messerähnliche Gegenstände und durch zerbrochene Glasscheiben und auch als Schnitt- und/oder Stichverletzungen nach tätlichen Auseinandersetzungen auf. In wenigen Fällen fanden sich Verletzungen durch Schusswaffen. In 25,4% traten Arterienverletzungen durch invasive Diagnostik und interventioneller Therapie und nach Operationen im Hüft- und Kniegelenksbereich auf. Einmal lag eine Arterienverletzung nach Versorgung einer Beckenfraktur vor und in einem weiteren Fall konnte eine Blutung aus den Beckenknochen nur durch Ligaturen der Aa. iliacae internae gestillt werden. Arterienverletzungen in suizidaler Absicht lagen in 86,1% an den Unterarmen vor, sie zeigten die bekannten Verletzungsmuster. In 3 Fällen wurden die A. subphrenica, die A. thoracica interna und die A. intercostalis verletzt. Zweimal waren Oberschenkelarterien nach Sturz aus der Höhe und nach einem Überrolltrauma betroffen. Isolierte Venenverletzungen fanden sich 46-mal unfallbedingt, 10-mal iatrogen und in 2 Fällen durch Suizidversuch (Tab.22).

Tab.22: Verletzungsart der Gefäßverletzungen in der III. Dekade (1993-2002)

Verletzung					
	Traumatisch			Iatrogen	Suizidal
	Verkehrsunfall	Arbeitsunfall	Freizeitunfall		
	n	n	n	n	n
Arterien	131	51	92	123	36
Venen	21	7	18	10	2
Summe	152	58	110	133	38

3.3.3 Klassifikation in der III. Dekade (1993-2002)

3.3.3.1 Arterienverletzungen

Es lagen 344 scharfe (71,5%) und 137 stumpfe (28,5%) Arterienverletzungen vor. Sieben mal fanden sich indirekte Verletzungen (Klassifikation nach Linder und Volmar) (Abb.22, 23). In 6 Behandlungsfällen lagen sowohl scharfe als auch stumpfe Gefäßverletzungen vor.

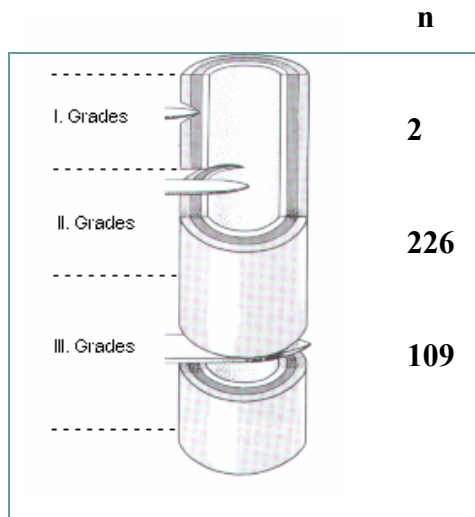


Abb.22:Anzahl der scharfen Gefäßverletzungen in der III. Dekade (1993-2002)

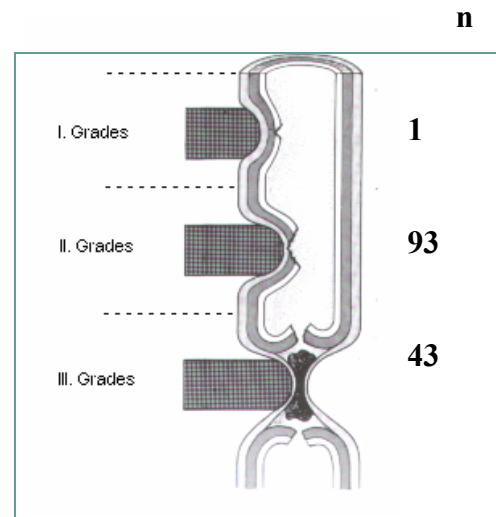


Abb.23:Anzahl der stumpfen Gefäßverletzungen in der III. Dekade (1993-2002)

3.3.3.2 Venenverletzungen

Bei 58 Venenverletzungen lagen überwiegend scharfe Verletzungen vor. Es konnten 43 scharfe Verletzungen III. Grades und 14 scharfe Verletzungen II. Grades gefunden werden. In einem Fall lag eine stumpfe Gefäßverletzung der Vena cava inferior vor.

3.3.3 Diagnostik in der III. Dekade (1993-2002)

Die klinische Diagnose einer Gefäßverletzung wurde bei 87 Patienten durch den Nachweis einer sichtbaren Blutung und eines fehlenden Pulses gestellt. Präoperativ wurde 84-mal durch Doppler- und Duplexsonographie eine Arterienverletzung gefunden. In 204 Fällen (47%) führte die Angiographie zur Diagnose. Die Sonographie des Abdomens diente zum Ausschluss freier Flüssigkeit.

Phlebographien bei vorliegenden Arterienverletzungen erfolgten zum Ausschluss von begleitenden Venenverletzungen. Nur in 22 Fällen konnte eine Probefreilegung bei klinischem Verdacht auf eine Gefäßverletzung die Diagnose bestätigen. Röntgenaufnahmen, computertomographische und andere Untersuchungen wurden zum Ausschluss von Begleitverletzungen durchgeführt (Tab.24).

Tab.24: Diagnostik bei Gefäßverletzungen in der III. Dekade (1993-2002)

Diagnostik	Arterien	Arterien	Venen	Summe
	n	%	n	n
klinische Diagnose	87	20,1	0	87
Doppler/Duplex	84	19,4	2	86
Angiographie	204	47,1	8	212
Probefreilegung	22	5,1	0	22
Native Röntgenaufnahmen	248	57,3	14	262
Computertomographien	74	17,1	14	88
Phlebographien	12	2,8	21	33
Urographie	2	0,5	0	2
Nierenszintigraphie	2	0,5	0	2
Sonographie	110	25,4	6	116
Laparotomie	0	0	4	4
Echokardiographien	2	0,5	0	2

3.3.5 Versorgung in der III. Dekade (1993-2002)

Gefäßverletzungen wurden in 83,2% durch direkte Naht und/oder Reanastomose, Patch- und Streifenplastiken und Interpositionen von autologen Venen rekonstruiert. In einem Fall erfolgte keine Versorgung wegen Ablebens des verletzten Patienten bei Polytrauma in tabula. Die am häufigsten durchgeführte rekonstruktiven Versorgung von Arterienverletzungen waren die spannungsfreie primäre Naht als Einzelknopfnah oder Reanastomisierung (42%), Patch- und Streifenplastiken und Interposition mit autologen Venen (41,2%). Nur in 9 Fällen wurden Kunststoffprothesen eingesetzt. Die verletzten Gefäße waren im Durchmesser größer als 8mm. In 16-mal musste eine Extremität primär amputiert werden. Außer einer

prolongierten Ischämiezeit waren subtotale Gliedmaßenabtrennungen und ausgedehnte Weichteilertrümmerung Gründe der primären Amputation. In 30 Behandlungsfällen mussten die Milz (18-mal), umschriebene Darmabschnitte (9) und 3-mal eine Nieren extirpiert werden. Arterienligaturen erfolgte erst nach dem die Versorgung der Extremität über eine zweite Unterarm- oder Unterschenkelarterie gesichert war (Tab.25).

Tab.25: Versorgung von Arterienverletzungen in der III. Dekade (1993-2002)

Arterienversorgung	n	%
End-zu-End-Naht/ Reanastomisierung	202	42
Autologes Venentransplantat	198	41,2
Protheseninterposition	9	1,9
Extremitätenamputation	16	3,3
Keine Versorgung	1	0,2
Ligaturen	25	5,2
Gefäßligaturen vor Organextirpation	30	6,2
Summe	481	

Oberflächliche Venenverletzungen wurden ligiert. Tiefe und großkalibrige Venen wurden durch direkte Naht, mit Streifenimplantat oder bei Defekten mittels Veneninterponat therapiert (Tab.26).

Tab.26: Versorgung von Venenverletzungen in der III. Dekade (1993-2002)

Venenversorgung	n
Direkte Gefäßnaht	23
Autologes Venentransplantat	15
Ligatur	22

3.3.6 Zeitintervalle der Arterienverletzungen in der III. Dekade (1993-2002)

Bei 226 Patienten mit scharfen Arterienverletzungen erfolgte die Versorgung innerhalb einer Ischämiezeit von 6 Stunden. Nur 20 Patienten wurden später als 14 Stunden nach Trauma versorgt (Abb.24).

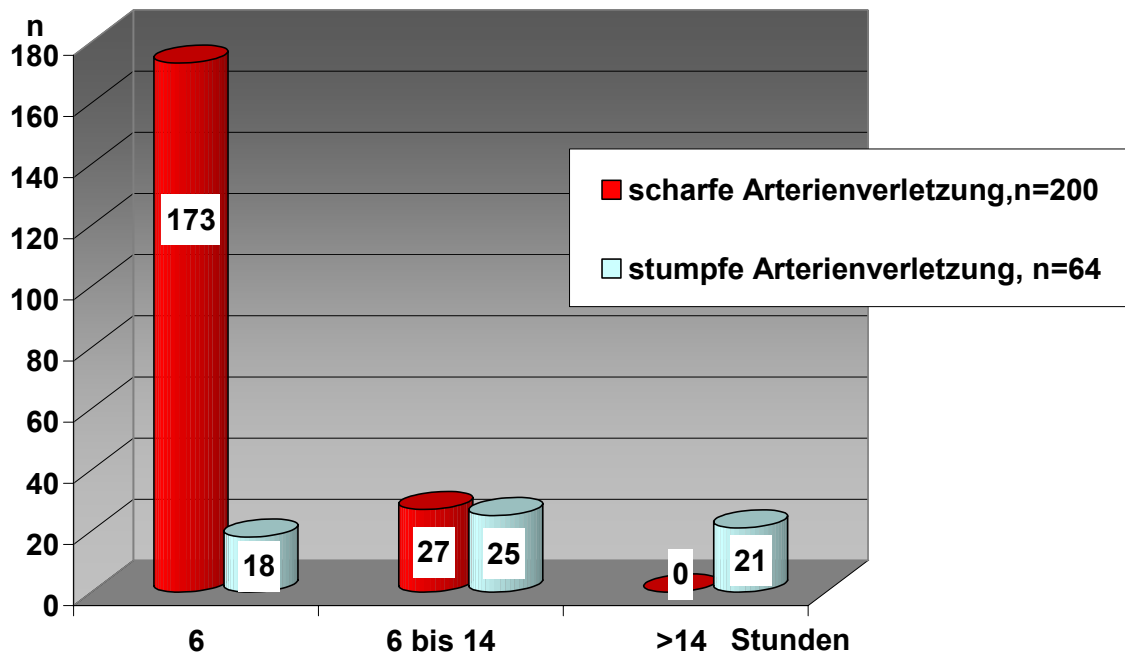


Abb.24: Anzahl der Versorgung scharfer und stumpfer Arterienverletzungen in den Zeitintervallen der III. Dekade bei 433 Patienten (1993-2002)

Bei 41 Patienten mit stumpfen Arterienverletzungen konnte in den ersten 6 Stunden nach dem Trauma eine Gefäßversorgung vorgenommen werden. Zwischen der 6. und der 14. Stunde wurden 36 Patienten und nach der 14. Stunde 60 Verletzte versorgt (Abb.24).

Während das Zeitintervall von Einweisung bis zur Versorgung in 89,7%, bei 137 stumpfen und 344 scharfen Verletzungen, ermittelbar war, war eine Erfassung vom Unfall bis zur Einweisung in die definitiv versorgende Einrichtung nur bei jeden 4. Patienten (79,4%) möglich (Abb.25).

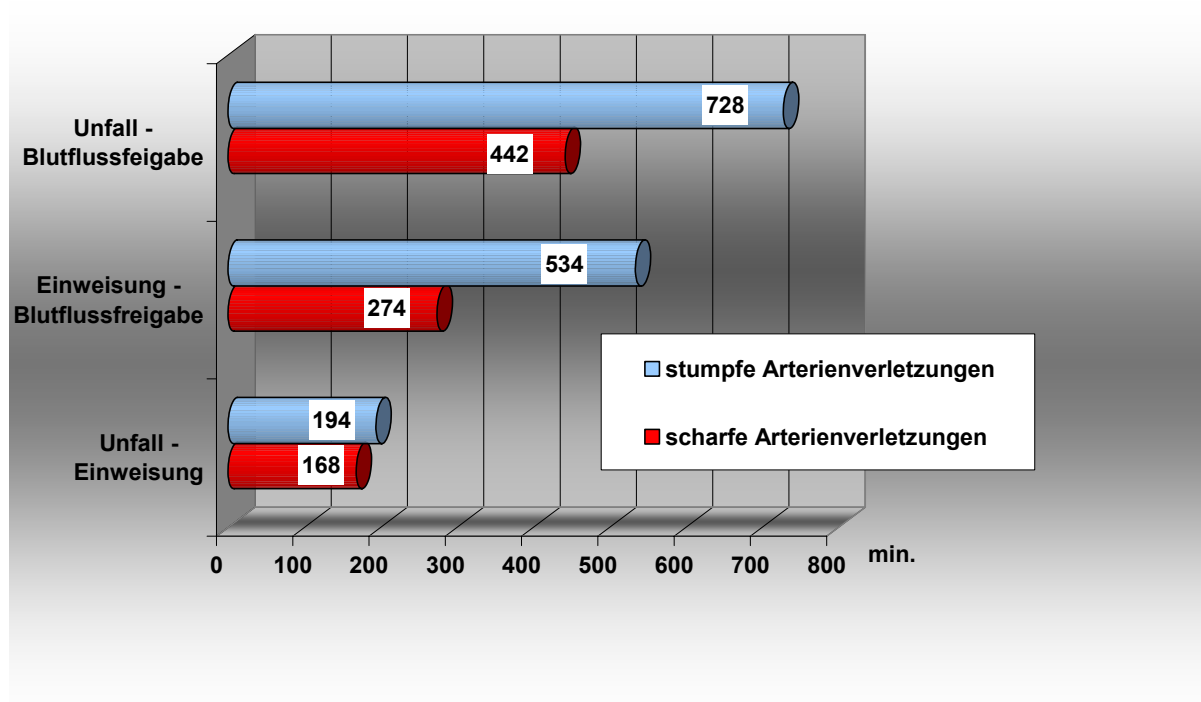


Abb.25: Zeitintervalle der scharfen und stumpfen Arterienverletzungen der III. Dekade (1993-2002)

3.3.6.1 Zeitintervalle der scharfen Arterienverletzungen in der III. Dekade (1993-2002)

Bei Patienten mit scharfen Arterienverletzungen lagen im Durchschnitt zwischen Unfall und Einweisung 168 Minuten. Im Krankenhaus wurden zur Vorbereitung auf die operative Versorgung im Mittel 131 Minuten benötigt.

Daraus ergibt sich ein Zeitintervall vom Unfall bis zum Beginn der Versorgung von 299 Minuten. Das Zeitintervall vom Beginn der OP bis zur Blutflussfreigabe konnte nur bei 227 scharfen Arterienverletzungen erfasst werden. Es lag bei 143 Minuten.

Es vergingen also im Durchschnitt 442 Minuten vom Unfall bis zur Strombahnwiederherstellung (Abb.25).

Die Intervallzeit zwischen Unfall und Blutflussfreigabe bei primärer Extremitätenamputation (15-mal) nach scharfen Arterienverletzungen lag bei 631 Minuten.

3.3.6.2 Zeitintervalle der stumpfen Arterienverletzungen in der III. Dekade (1993-2002)

Es zeigte sich, dass im Durchschnitt bei stumpfen Arterienverletzungen 194 Minuten vom Unfall bis zur definitiven Versorgung vergingen.

Die durchschnittliche Zeit zwischen Einweisung und Beginn der operativen Versorgung lag bei 381 Minuten.

Daraus ergibt sich eine Zeitspanne zwischen Unfall und Beginn der operativen Versorgung im Mittel von 575 Minuten.

In 66 Fällen (48%) lagen 153 Minuten von OP-Beginn bis zur Blutflussfreigabe. Daraus ergab sich eine Zeitspanne von Unfall bis zur Blutflussfreigabe von 728 Minuten (Abb.25).

In der III. Dekade wurden 52 Patienten (12%) mit Arterienverletzungen nach Verlegung behandelt. Die Minderdurchblutungszeit lag bei den Verlegten bei 32 Stunden und 50 Minuten (450 Minuten - 72 Stunden). Es mussten 5 verletzte Patienten sekundär amputiert werden.

Die Intervallzeit vom Unfall bis zur Blutflussfreigabe bei 29 (15-mal scharfe und 14-mal stumpfe Verletzungen) primär amputierten Extremitäten nach Verletzung einer Extremitätenarterie war 896 Minuten.

3.3.6.3 Zeitintervalle der indirekten Arterienverletzungen in der III. Dekade (1993-2002)

Die Intervallzeiten von 7 indirekten Arterienverletzungen lagen im Durchschnitt vom Unfall bis zur Erstversorgung bei 295 Minuten. 103 Minuten nach Unfall erfolgte die stationäre Einweisung. Vom Unfall und Blutflussfreigabe vergingen bei 527 Minuten.

3.3.7 Begleitverletzungen in der III. Dekade (1993-2002)

Es wurden 358 Frakturen und Luxationen (82,7%), 170 Nervenverletzungen (49,4%), 117 Venenverletzungen (27%), 92 Weichteilverletzungen und Hämatombildungen, 44 intraabdominelle und 12 thorakale Verletzungen gefunden.

34-mal lagen ein begleitendes Schädelhirntrauma und in 2 Fällen ein Beschleunigungstrauma der HWS vor. Es zeigten sich 42 Sehnenverletzungen (9,7%), einschließlich Kniebinnenschäden.

Schäden am Urogenitaltrakt konnten je 2-mal als Harnblasenrupturen und Harnröhrenabrisse diagnostiziert werden (Tab.26).

Tab.26: Begleitverletzungen bei Arterienverletzungen in der III. Dekade (1993-2002)

Begleitverletzungen		n
Frakturen (329) (76%)	Claviculafrakturen	12
	Unterschenkelfrakturen	86
	WK – Frakturen	6
	ACG – Sprengungen	3
	Fußwurzelfrakturen	10
	Olecranonfrakturen	8
	Beckenfrakturen	26
	Unterarmfrakturen	38
	Rippenfrakturen	16
	Scapulafrakturen	4
	Oberschenkelfrakturen	62
	Patellafrakturen	4
	Mittelgesichtsfrakturen	8
	Mittelhand- und Fingerfrakturen	4
	Oberarmfrakturen	42
Luxationen (29) (6,7%)	Hüftluxationen	2
	Kniegelenkluxationen	6
	Schultergelenksluxationen	4
	Patellaluxationen	4
	Zehenluxationen	1
	Ellenbogenluxationen	12
Nervenverletzungen (170) (39,3%)	N.radialis	28
	N.femoralis	2
	N.medianus	54
	N.fibularis	2
	N.ulnaris	74
	N.peroneus	6
	Plexus brachialis	4

Venenverletzungen (117) (27%)	V.renalis	2
	V.poplitea	15
	V.femoralis	15
	V.iliaca externa	3
	V.epigastrica	3
	V.brachialis	10
	V.radialis	30
	V.lienalis	6
	V.jugularis	2
	V.vesica urica	1
	V.subclavia	5
	V.cubitalis	5
	V.ulnaris	20
Weichteilverletzungen (134) (31%)	Muskel-/ Weichteilverletzungen	92
	Sehnenverletzungen	36
	Kniebinnenschäden	6
Kopf/ Halstrauma (36) (8, 3%)	Schleudertraumata	2
	SHT	34
Thoraxverletzungen (37) (8, 5%)	Hämato-Pneumothorax	12
	stumpfe Thoraxtraumata	25
Abdomenverletzungen (49) (11,3%)	Harnblasenrupturen	2
	Harnröhrenabrisse	2
	Leberrupturen	6
	Milzrupturen	18
	Dünn-/Dickdarminrisse	14
	Nierenrupturen	6
	Magenperforationen	1

Tab.27: Begleitverletzungen bei Venenverletzungen in der III. Dekade (1993-2002)

Begleitverletzungen		n
Frakturen (21)	Oberschenkelfrakturen	12
	Unterschenkelfrakturen	4
	Unterarmfrakturen	4
	Mittelgesichtsfraktur	1
Nervenverletzungen	N.radialis	2
Kopf/Halstrauma	SHT	6
Thoraxverletzungen	stumpfe Thoraxtraumen	4
Abdomenverletzungen	Stumpfe Bauchtraumen	8
	Nierenrupturen	2
	Leberrupturen	6
Weichteilverletzungen	Muskel-/	24
	Weichteilverletzungen	
	Kniebinnenschaden	1

3.3.8 Follow up der Patienten mit Arterien- und Venenverletzungen in der III. Dekade (1993-2002)

Nach Arterienverletzung wurde 16-mal primär und 14-mal sekundär die betroffene Extremität amputiert. Dies entspricht einer sekundären Amputationsrate von 3,5% nach Extremitätenarterienverletzung. Bei 30 Patienten mit arteriellen Gefäßverletzungen musste das parenchymatöse Erfolgsorgan und Darm (18-mal Splenektomie, 3-mal Nephrektomie und 9-mal Darmsegmentresektionen) exstirpiert werden. Es fanden sich 72 Aneurysmen und 28 arteriovenöse Fisteln. Posttraumatische Aneurysmen an der unteren Extremität zeigten sich vermehrt nach interventionellen Eingriffen und nach stumpfen Arterienverletzungen mit Begleitfrakturen. Die Arterie wurde nach Resektion des Aneurysma durch direkte Naht oder

Interposition einer Kunststoffprothese rekonstruiert. An der oberen Extremität lagen Aneurysmen ausschließlich in der Ellenbeuge nach Katheteruntersuchungen vor. Sie wurden nach Resektion des Aneurysma durch direkte Naht und Veneninterponat versorgt.

Arteriovenöse Fisteln fanden sich infolge von korrespondierenden Verletzungen an Arterie und Vene nach scharfen Verletzungen oder Venenpunktionen. Sie wurden reseziert und durch direkte Naht mit Venenpatch oder durch Venen- und Kunststoffinterponat versorgt. 28

Patienten verstarben an den Folgen der schweren Begleitverletzungen nach Polytrauma. Ein Patientin verstarb an den Folgen eines Mammakarzinoms.

Nach Kniegelenkscapselverletzung fand sich eine Bakerzyste und 1-mal musste nach Hüftkopfnekrose bei Verletzung der A. circumflexa femoris lateralis eine Hüft-TEP implantiert werden (Tab.27).

Tab.27: Follow up der Patienten mit Arterienverletzungen in der III. Dekade (1993-2002)

Outcome	n
Extremitätenamputationen	30
Aneurysmen	72
AV-Fisteln	28
Psychosen	2
pAVK	46
Morbus Sudeck	16
Iléus	5
Impotenz	1
Mastoiditis	1
Bakerzyste	1
Hüft- TEP	1
p.o. Wundheilungsstörungen	187

In 46 Fällen ist eine postoperative pAVK als Folge einer chronischen arteriellen Gefäßstenose oder eines Verschlusses dokumentiert. Ein zeitlicher und morphologischer Zusammenhang zur Arterienverletzung konnte bei 3 Patienten hergestellt werden, bei denen im Bereich der Arterienverletzung ein stenotisches Segment zu finden war.

Nach Venenverletzungen der unteren Extremität fand sich 9-mal ein Postthrombotisches Syndrom. Bei einem Patienten trat eine Psychose nach erfolgreicher Venenrekonstruktion auf, die sicher als Komorbidität nicht Folge der Venenverletzung war. 4 Patienten verstarben während der stationären Behandlung an den Folgen ihrer schweren Begleitverletzungen (Tab. 28).

Tab.28: Follow up der Venenverletzungen der III. Dekade (1993-2002)

Outcome	n
Tod	4
Psychose	1
Postthrombotisches Syndrom	9

4. Diskussion der Ergebnisse

4.1 Diagnostik

Tab. 29: Diagnostikverfahren der Arterienverletzungen in % in den Dekaden.

Diagnostik	I.	II.	III.
Klinisch	51,9	55,3	20,1
Probefreilegung	23,5	15,5	5,1
Angiographie	28,4	23,9	47,1
Sonographie (B-Mode)	0	7,6	25,4
Doppler-Duplexsonographie	0	12,5	19,4
Peritonealzentese	17,6	2,3	0
CT	2	2,7	17,1

4.1.1 klinische Diagnostik/ Pulsstatus

Beim geringsten Verdacht auf das Vorliegen einer Schlagaderverletzung ist die sofortige und endgültige diagnostische Abklärung zu fordern. Der wichtigste Schritt in der Diagnostik besteht darin, daran zu denken, dass eine Gefäßverletzung vorliegen könnte. Die Basis der Diagnostik ist immer noch die gründliche klinische Untersuchung (Rich et al. 1970).

Eindeutige Befunde wie Ischämie einer Extremität distal einer Verletzungsmarke mit fehlenden Pulsqualitäten sollten keine Schwierigkeiten hinsichtlich der Indikationsstellung zur Operation bieten. Schwierigkeiten in der Diagnostik finden sich vor allem bei geschlossenen Verletzungen ohne periphere Ischämie und bei offenen Verletzungen ohne nach außen hin sichtbar pulsierende Blutungen.

Eine positive klinische Untersuchung führt mit einer hohen Sicherheit zur Verdachtsdiagnose einer Gefäßverletzung (Feliciano et al. 1987, 1988, Frykberg et al. 1991). Eine negative klinische Untersuchung schließt aber gleichzeitig eine Gefäßverletzung nicht zwingend aus. Roberts und String (1984) fanden bei 13 Patienten mit palpablen Pulsen distal der vermuteten Gefäßverletzung durch Angiographie eine Läsion. Dies bestätigten Lim et al. (1980) die in 14% der untersuchten Fälle distal der Verletzungsstelle trotz kompletter Durchtrennung oder Thrombose einen Puls palpieren konnten. Die Phänomene des „Collateral ChaneI“ (Levin et al. 1971) bzw. der „Pulsation transmitted through the thrombus“ (Gelbermann 1980) scheinen hierfür verantwortlich zu sein.

Durch eine „versteckte Symptomatik“ ist die Diagnostik von Arterienverletzungen, vor allen Dingen von stumpfen Arterienverletzungen, oft erschwert. Erst das Auftreten von Komplikationen führt in 5 bis 25% dann zur Diagnose Gefäßverletzung (Terry et al. 1971, Snyder et al. 1978, Menzoian et al. 1985, Feliciano et al. 1987). Stumpfe Gefäßverletzungen fallen klinisch erst verspätet auf (Li Zhao et al. 1998). Die Diagnose der stumpfen Gefäßverletzungen konnte durch Li Zhao et al. (1998) nur in 44,4 % in einer tolerablen Ischämiezeit von 6 Stunden gestellt werden. Bei den restlichen Patienten wurde die Diagnose erst nach 1 bis 3 Tagen gestellt. Dies zeigt sich auch in unseren Ergebnissen. Wir fanden bei zwei Patienten mit stumpfen Arterienverletzungen der Extremität eine Ischämiezeit von 2 und 12 Tagen. Bei beiden musste die betroffene Extremität amputiert werden. Van der Sluis et al. (1997) fanden bei stumpfen Gefäßverletzungen distal des verletzten Gefäßes keinen Puls mehr. Die Diagnose wurde verspätet gestellt und in 40% der Fälle musste die betroffene Extremität amputiert werden. Es wurde der verallgemeinerte Schluss gezogen, dass bei stumpfen Gefäßverletzungen immer ein Pulsverlust vorliegt. Dies konnten wir nur bei geschlossenen stumpfen Verletzungen der Grade II und III bestätigen. Eine Pulslosigkeit lag hier bei 50% der stumpfen Verletzungen Grad I vor.

Die angiologische Abklärung mit der Prüfung der Motorik, der Sensibilität und der Zirkulation gehört bei Frakturen zum routinemäßigen Notfallstatus. Die Registratur und die Dokumentation des Pulsstatus sollten ein Grundbestandteil der angiologisch klinischen Untersuchung sein (Markgraf et al. 1998).

Alarmsignale für eine Arterienverletzung ergeben sich nach v. Bühren (1995) wenn ein penetrierender Unfallmechanismus vorliegt, ein Hochrasanstrauma stattgefunden hat, am Unfallort eine starke Blutung mittels Kompression versorgt wurde, ein hypovolämischer Schock vorliegt, eine Luxation eines großen Gelenkes, insbesondere des Kniegelenkes, stattgefunden hat, ein peripheres sensibles und/oder motorisches Defizit vorliegt, eine außergewöhnliche Schwellung oder eine deutliche Differenz der Hautdurchblutung besteht. Es empfiehlt sich, einem straffen Untersuchungsschema zu folgen (Linder und Vollmar 1965).

Die Anamneseerhebung sollte die Form der Gewalteinwirkung (penetrierendes Trauma oder stumpfes Trauma) beinhalten.

Bei Vorliegen einer Blutung sollte sich der Untersucher folgende Fragen stellen:

- Liegt eine rhythmisch spritzende hellrote Blutung vor?

- Kann eine Blutung in eine Körperhöhle oder eine Massenblutung ins Gewebe vorliegen?
- Treten plötzlich starke Anschwellungen auf?
- Findet sich ein lokalisierter Schmerz?
- Bestehen klinische Zeichen eines großen Blutverlustes?
(Tachykardie, Hypotonie, kalter Schweiß, Ischämie)
- Wie stellen sich das Hautkolorit, die Hauttemperatur der Extremität, die Venenfüllung und die periphere Pulsation dar?

Im angloamerikanischen Sprachraum wird eine Arterienverletzung in 2 Kategorien eingeteilt. Eindeutigen Zeichen einer Arterienverletzung („hard signs“) sind die berühmten 6P (Paleness, Pallor, Parästhesia, Pain, Paralysis, Poikilothermia) der Zirkulationsstörung, die arterielle Blutung, oder das sich schnell ausbreitende Hämatom und ein palpables abnormes Schwirren. In einer zweiten Kategorie findet man so genannte weiche Zeichen („soft signs“), hierunter versteht man einen charakteristischen Unfallmechanismus, vorübergehende Blutungen, penetrierende oder stumpfe Verletzungen in der Nähe des Verlaufs großer Arterien, kleine nicht pulsierende Hämatome und neurologische Defizite (Weaver et al. 1996).

An der oberen Extremität ist ein Pulsdefizit gleichbedeutend mit einem ischämischen Zustand (Soderstrom und Wassermann 1884). Bei Untersuchungen von arteriellen Verletzungen der oberen Extremität fanden Bormann et al. (1984) bei 269 Patienten, dass in 84% der Fälle Pulsdefizite vorlagen. Zur Feststellung der Verletzungshöhe wurde in diesen Fällen bei fehlenden oder abgeschwächten Pulsen eine Angiographie notwendig. Sriussadaporn (1997) fand bei allen von ihm untersuchten Patienten einen fehlenden oder abgeschwächten Puls, sodass in 43% angiographiert werden musste um das Ausmaß und die Höhe der Verletzung zu finden.

An der unteren Extremität können trotz fehlender Pulse keine Ischämiezeichen vorliegen. Ursache hierfür ist selbst beim gefäßgesunden jungen Patienten ein besser ausgebildeter Kollateralkreislauf (Soderstrom 1984). Liegt ein Puls- oder ein Dopplersignal vor, so fanden Harrell et al. (1997) bei der Untersuchung von stumpfen Poplitealverletzungen, dass die Extremität gerettet werden konnte. Liegt kein Puls vor, so besteht eine Ischämie und die Revaskularisierung ist geboten (Kendal et al. 1993).

Penetrierende Verletzungen erscheinen durch eine auftretende Blutung. Nicht in jedem Fall einer penetrierenden Verletzung zeigt sich auch ein fehlender Puls. Radonic et al. (1995) fand

nur in 89,3% der Fälle klinisch eine Ischämie der Extremität nach peripheren Extremitätenverletzungen.

In der I. Dekade wurden in 51,9% der Fälle die Diagnosen klinisch gestellt. Bei den Patienten mit peripheren Arterienverletzungen wurde sogar in 96,4% der Fälle (53 / 55) durch die klinischen Symptome die Diagnose gestellt.

In der II. Dekade wurde die Diagnose in 55,3% der Fälle und in der III. Dekade in nur 20,1% der Fälle klinisch gestellt (Tab.29). Die Blutung nach außen war dabei das häufigste klinische Symptom nach scharfen Gefäßtraumen. Eine arterielle Blutung und ein Pulsdefizit werden von Wolosker et al. (1996) und Guraya (2004) als sichere Zeichen einer Gefäßverletzung angesehen. Das Fehlen des Pulses wird als das häufigste klinische Symptom (62,5%) beschrieben (Wolosker et al. 1996). Bei vollständiger Durchtrennung einer Arterie mit Ausbildung eines Hämatoms lässt die anfänglich heftige Schwellung wegen der Retraktion der elastischen Wandanteile und dem systematischen Blutdruckabfall im Schock bei den Patienten zunehmend nach. Ein Schockgeschehen tritt nach arteriellen Gefäßverletzungen in 26,6 bis 30% auf (Romanoff, 1986, Sriussadaporn 1997, Li Zhao 2000).

Besondere Probleme der Diagnostik von Gefäßverletzungen zeigen sich beim Kind. Da die Anpassungsfähigkeit des kindlichen Systems an einer Mangel durchblutung durch sofortige Weitstellung der Kollateralgefäße wesentlich größer ist als bei einem Erwachsenen, kann der klinische Befund über das Ausmaß der Verletzung täuschen. Da außerdem die Probleme der operativen Versorgung der engkalibrigen kindlichen Gefäße von Handling her schwieriger sind, wird häufig eine abwartende Haltung eingenommen, die wertvolle Zeit kosten kann (Boettcher 1972). Virgilio et al. (1997) konnten bei 48 Kindern mit Arterienverletzungen in 60,4% die Diagnose klinisch stellen. In unserem Krankengut wurde die Diagnose Gefäßverletzung bei allen Patienten jünger als 18 Jahre klinisch gestellt. Feliciano et al. (1988) fand nur in 36,8 % der Fälle die Diagnose Arterienverletzung durch die klinische Untersuchung, obwohl in ihrem Patientengut 81 % penetrierende Beingefäßverletzungen vorlagen.

Eine präoperative Angiographie stellt bei Eindeutigkeit der klinischen Diagnose einen unnötigen Zeitverlust dar. Wolosker et al. (1996) haben in einer solchen Situation nur in 6,8% der Fälle angiographieren müssen. Dies bestätigten Fabian et al. (1982) die feststellten, dass

eine frühe Diagnostik mit umfassender Anamnese und detaillierter Untersuchung die Angiographie ersparen kann.

Die zunehmende fehlende Dokumentation der klinischen Untersuchung, speziell des Pulsstatus fand sich auch in den absoluten Zahlen in dem von uns untersuchten Krankengut, vor allem in der III. Dekade. Es wurde zunehmend mehr Wert auf die Aussagen der Doppler- und Duplexsonographie sowie der Angiographie gelegt. Markgraf et al. (1998) zeigten, dass sich die apparative Diagnostik im Wesentlichen auf die cw-Dopplersonographie oder die farbcodierte Duplexsonographie stützt.

4.1.2 Angiographie

Die Angiographie stellt weiterhin den Goldstandard zur Abklärung von Gefäßverletzungen dar. Ist die Diagnose nicht eindeutig, können durch die konsequente Durchführung der Arteriographie nicht erkannte Gefäßverletzungen diagnostiziert werden. Kontrastmittelaustritt bei Gefäßabrissen, Kontrastmittelaussparungen bei Intimaläsionen mit beginnender Thrombosierung und Kontrastmittelstopp infolge thrombotischer Verschlüsse sind typische röntgenologische Befunde. Frykberg (1995) fand durch Angiographie in 23% des untersuchten Patientenmaterials nicht erkannte Gefäßverletzungen. Gleiche Ergebnisse zeigten Mc Donald et al. (1975) und Snyder et al. (1978), Geuder et al. (1985), Itani et al. (1992). Feliciano et al. (1988) angiographierten präoperativ in 63,2% der Fälle.

Daraus ergibt sich, dass eine schonende klinische Untersuchung und die aggressive Angiographie wichtig sind.

Wurden in der I. und II. Dekade bei jedem Fünften eine Angiographie durchgeführt (28,4%; 23,9%), so wurde bei fast jedem Zweiten (47,1%) in der III. Dekade angiographiert. Durch die Angiographie konnte eine einwandfreie Darstellung der Gefäßverletzung erfolgen, und nach Revaskularisierung die Durchgängigkeit des Gefäßes distal und proximal der Verletzungsmarke dargestellt werden.

Die intraarterielle Angiographie wurde präoperativ zur Operationsplanung durchgeführt. Es wurde damit den Forderungen von Eisner und Ammann (1993, 1994) und Frykberg (1995) entsprochen. Frykberg (1995) forderte, dass die Indikation zur Arteriographie der Extremitäten bei stumpfem Trauma mit Zeichen einer Gefäßverletzung, zur intraoperativen und postoperativen Kontrolle, zur Kontrolle von nicht operativ versorgten Arterienverletzungen und bei penetrierenden Traumata mit eindeutigen Zeichen einer Gefäßverletzung in Kombination von chronisch arteriellen Gefäßerkrankungen und bei einer

hohen Inzidenz von Begleitverletzungen, wie Knochenbrüche, Nerven- und Weichteilverletzungen immer gegeben ist.

Die Technik der angiographischen Untersuchung unterscheidet sich durch nichts von den bei chronischen Gefäßerkrankungen angewandten Methoden. Die digitale Subtraktionsangiographie hat im Gegensatz zur herkömmlichen Untersuchung den Vorteil des verminderten Kontrastmittelverbrauches und der besseren Darstellung durch Subtraktion der in anatomischer Nähe liegenden Knochen (Eisner und Ammann 1993, 1994).

Angiographien sind auch bei abnormalen Befunden, penetrierenden Wunden in der Nähe großer Gefäße und bei Verletzungen mit bekannt hohem Vorkommen von vaskulären Komplikationen indiziert. Bei unkritischer Indikationsstellung wurde von Dennis et al. (1990) in mehr als 95% der Arteriographien ein negatives Ergebnis gefunden.

Zur Abklärung von Läsionen von Arterien im Bauchraum und im Beckenbereich ist der transfemorale Zugang geeignet (Böttcher et al. 1972). Bei Verletzungen der Arterien der unteren Extremität ist die Femoralisangiographie in der Crossover-Technik empfehlenswert. Ähnliches Vorgehen ist bei Gefäßverletzungen der oberen Extremität indiziert. Je nach Lokalisation des Traumas wird entweder mittels einer transfemorale Aortographie oder über die Arteria brachialis eingegangen. Die hohe Aortographie findet ihre Indikationsstellung bei allen Läsionen im Thoraxbereich. Die Indikation bei isolierten Abdominaltraumen zur Angiographie ist gegeben bei sekundären Hinweisen auf eine Gefäßverletzung mit stabilen Kreislaufverhältnissen, bei der die Verletzung durch Embolisation versorgt werden kann. Bei fehlender aktiver Blutung nach Abdominaltrauma sollten Verletzungshinweise auf Verletzungen des Gastrointestinaltraktes oder des Pankreas gesucht werden.

Etagere Gefäßläsionen sollten immer angiographiert werden (Robbs 1989).

In der I. Dekade lagen bei 8 Patienten und in der II. Dekade bei 19 Patienten Mehrfachgefäßverletzungen vor. Die Diagnose wurde in allen Fällen klinisch gestellt. Nur in einem Fall lag eine Mehretagenverletzung vor, die angiographisch diagnostiziert wurde. In der III. Dekade wurde in 39 Fällen eine Mehretagengefäßverletzung an den Extremitäten gefunden. Es konnten in 76,9 % durch eine perioperative Angiographie die operativen Eingriffe geplant und distale Läsionen diagnostiziert werden (Tab.29).

Auch Schlickewei et. al. (1992) schlussfolgerten, dass eine interdisziplinäre Behandlung und eine großzügige Anwendung von Angiographie prä- und intraoperativ die Ergebnisse verbessern könnten. Hingegen findet sich bei Pedrotti et. al. (1990) der Hinweis, auf eine präoperative Arteriographie verzichten zu können, wenn bei Pulslosigkeit und aufgehobener

Motorik und Sensibilität und kühler marmorierter Haut die Revaskularisierung unverzüglich vorgenommen wird.

4.1.3 Doppler-/Duplexsonographie

Markgraf et al. (1998) fanden, dass sich die apparative Diagnostik im Wesentlichen auf die cw-Dopplersonographie oder die farbcodierte Duplexsonographie stützt, sodass die Angiographie nur noch einen „golden back up“ darstellt (Verstraete et al. 2000).

Wir konnten diese Aussage teilweise für die III. Untersuchungsdekade bestätigen. Nimmt man aber die gesamte Dekade so zeigte sich, dass noch nicht einmal bei jedem 5. Patienten gedoppelt oder farbkodiert sonographiert wurde. Es scheint hier noch ein erhebliches Diagnostikpotential mit Anwendung des Taschendopplers vorzuliegen.

Die Zunahme des Einsatzes von cw-Dopplersonographie, farbcodierter Duplexsonographie und B-Mode-Sonographie ist aber ersichtlich.

Doppler- und Duplexuntersuchungen von Extremitätengefäßverletzungen sind meist schneller, kostengünstiger, nicht invasiv und in der Aussage bei asymptomatischen Gefäßverletzungen ähnlich der Arteriographie. Johannsen et al. (1991) und Lynch und Johannsen (1991) wiesen durch die Ultraschalldiagnostik eine Genauigkeit von mehr als 95% auf. Damit wäre die Sensitivität und Spezifität der Ultraschalluntersuchung in jedem Fall weniger als 1,0 und 0,9 (Weaver 1990 und Schwarz et al. 1993).

Die Untersuchungsmethode ist ebenfalls geeignet, um venöse Gefäßverletzungen auszuschließen (Frey et al. 1993). Die Sensitivität liegt allerdings hier leider bei weniger als 50 % (Bergstein et al. 1992).

Die Untersuchung des Doppler-Index bei peripheren arteriellen Gefäßverletzungen ist ein hilfreicher Test, um vor allem stumpfe Gefäßverletzungen zu diagnostizieren.

Durch hochwertigere Verfahren, wie Computertomographie, Angio-CT und Magnetresonanztomographie, ist die vorausgesagte Bedeutungslosigkeit der Sonographie nicht eingetreten (Barthels 1986). Genau das Gegenteil ist eingetreten, die Sonographie hat sich durch ihre Vorteile (Patientenfreundlichkeit, unmittelbare und organfunktionsunabhängige Anwendung, fehlende Strahlenbelastung und beliebige Wiederholbarkeit) weiter entwickelt. Die neuen bildtechnisch spektakulären CT- und MRT-Verfahren begrenzen den Anwenderbereich auf Zentren, so dass auch in unserem Krankengut

diese Untersuchungstechniken zunehmend eingesetzt wurden. Vor allem das Angio-CT ist als nichtinvasive Methode bei Verletzungen großer Gefäße, bis Höhe Kniekehle, zielführend. Die Sonographie ist nicht nur in der Lage, den Abdominalraum zu untersuchen. Es erfolgt gleichzeitig eine Mituntersuchung des Retroperitoneums, der Pleuraräume und des Pericards. Durch eine standardisierte Schnittführung im Ober- und Unterbauch kann der Nachweis von freier Flüssigkeit an den typischen Stellen geführt werden (Kretschmar et al. 1998). Die Sensitivität der Sonographie bezüglich freier intraabdomineller Flüssigkeit wird mit bis zu 100% angegeben (Lim et al. 1993 und Lenz 1996).

Eine Differenzierung der freien Flüssigkeiten (Blut, Aszites, Galle oder Urin) ist sonographisch nicht möglich. In unserem Krankengut wurde in der II. und III. Dekade ausschließlich wegen des Verdachts auf eine intraabdominelle Verletzung sonographiert.

4.1.4 Chirurgische Exploration / Peritonealzentese

Ist durch die klinische Untersuchung, Ultraschalluntersuchung und Angiographie eine Gefäßverletzung nicht sicher auszuschließen, ist die chirurgische Exploration die ultima ratio in Diagnostik und Behandlung. Probefreilegungen wurden in der I. Dekade (1973- 1982) bei jedem 4. Patienten (26,7%) durchgeführt. In den Jahren 1950 bis 1970 war die chirurgische Exploration eine routinemäßige Praxis bei Vorliegen einer penetrierenden Extremitätenverletzung. Im Ergebnis dieser konsequenten Darstellung fanden sich eine niedrige Inzidenz von arteriovenösen Fisteln, falschen Aneurysmen und Extremitätenamputationen (Patman et al. 1964, Drapanas et al. 1970, Gill et al. 1976). Durch die konsequente Darstellung anlässlich der Exploration fand sich aber naturgemäß auch eine hohe Rate der Darstellung von unverletzten Gefäßen. Frykberg et al. (1991) gaben diese Rate mit 60 bis 80% des Patientengutes an. Die Kombination von Arteriographie und chirurgischer Exploration senkte die Rate der Komplikationen auf 0,5 bis 6% (Drapanas et al. 1970; Rich und Spencer 1978; Sclafani et al. 1986). Seit den 80iger Jahren des 20. Jahrhunderts konnte durch die routinemäßige Einführung der Arteriographie die chirurgische Exploration bei Verdacht auf eine Gefäßverletzung weitestgehend verlassen werden. Auf ein präparatorisches Freilegen wurde in den folgenden Jahrzehnten zunehmend auch in unserem Krankengut verzichtet (II. Dekade 15,5%; III. Dekade 5,1%) und nur auf Ausnahmefälle beschränkt (Tab.29).

Ähnlich zeigt es sich bei der diagnostischen Peritonealzentese. Die Peritonealzentese wurde in der I. Dekade noch in 20 % der Fälle als primäres Diagnostikverfahren angewandt. Auch zu Beginn der II. Untersuchungsdekade wurde die Diagnose einer Gefäßverletzung durch eine Peritonealzentese noch in 2,3 % der Fälle gestellt. Die diagnostische Peritoneallavage als primäres diagnostisches Verfahren bei stumpfem Bauchtraumen ist aber in Europa weitestgehend als diagnostisches Mittel verlassen worden (Klotter et al. 1993). In den USA wird die diagnostische Peritoneallavage als diagnostisches Verfahren primär weiterhin ungeachtet des Verletzungsrisikos angewandt (Mc Kency et al. 1994). Die Abdominallavage als primäres Diagnostikum geht mit einem Risiko der Verletzung intraabdomineller Organe oder Gefäße mit bis zu 1% einher (Aufmolk und Nast-Kolb 2001). Sie weist außerdem eine hohe Rate von falschpositiven Befunden auf (Nast-Kolb et al. 1998, 2005). Diese Feststellungen führten dazu, dass im 3. Untersuchungsabschnitt diese Untersuchungstechnik vollständig verlassen wurde. Bei kreislaufinstabilen Patienten und dem sonographischen Nachweis von freier Flüssigkeit wurde sofort laparotomiert (Hoffmann et al. 1983).

4.1.5 Andere Untersuchungsmethoden

Röntgen-Thorax-Übersichtsaufnahmen ergeben wertvolle Hinweise auf ein vorliegendes Gefäßtrauma. Die Verbreiterung des Mediastinums und des Aortenknopfes sowie eine Verdrängung der Trachea und die Einengung und Verdrängung des linken Oberlappenbronchus sollte zu einer weiterführenden Diagnostik führen. Sie wurden im untersuchten Krankengut nicht ausschließlich zu diesem Zweck angefertigt, sondern dienten vorrangig der präoperativen Narkosevorbereitung, zur Frakturausschlussdiagnostik und zur Einschätzung der pulmonalen Situation. Röntgenaufnahmen der Extremitäten dienten dem Ausschluss von Begleitfrakturen und Begleitluxationen (Tab.29).

Die Sensitivität der Computertomographie bei Nachweis von geringen Mengen freier intraabdomineller Flüssigkeit beträgt nahezu 100% (Raptopoulos 1994, Galant et al. 1997). Sie wurde zu diesem Zweck in allen Dekaden angewandt und vor allem in der III. Dekade zu einem „Routinediagnostikum“, ohne dass hinsichtlich von Gefäßverletzung ein Informationsgewinn erzielt wurde. Der Transport des Patienten zum Tomographen und die Umlagerung bedeuten häufig einen Zeitverzug (Kretschmer und Häuser 1998). Die MRT hat bislang in der Akutdiagnostik des Gefäßtraumas keinen Stellenwert.

4.2 Ischämiezeiten nach arteriellen Gefäßverletzungen

Tab.30 prozentuale Versorgung der scharfen und stumpfen Arterienverletzungen in den gewählten Zeitintervallen der Dekaden.

Verletzungsart	Zeitintervall	I. Dekade	II. Dekade	III. Dekade
Scharf	-6 h	91,8	86,5	76,4
	>6- 14 h	3,3	13,5	16,9
	>14 h	4,9	0	6,7
Stumpf	-6 h	27,6	28,1	29,9
	>6- 14 h	51,7	39,1	26,3
	>14 h	20,7	32,8	43,8

Arterielle Verletzungen treffen in der Regel ein relativ gesundes Gefäßsystem, sodass mit einer Kollateralbildung, wie bei chronischen Durchblutungsstörungen, nicht gerechnet werden kann und damit eine auch nur vorübergehend ausreichende Versorgung in den meisten Fällen nicht gewährleistet ist. Bei einer primären oder sekundären kompletten Unterbrechung der Blutzufuhr verhindert zunächst eine Gefäßkonstriktion die Bildung von Thrombosen in den nachgeschalteten Strombahnen, bevor auch mit zunehmender ischämischer Schädigung eine Thrombosierung zunimmt und kleinere und größere Gefäße dauerhaft verschlossen werden (Lieth und Fallon 1992).

Nach mehrstündigem Sauerstoffmangel in einer betroffenen Extremitätenregion wird ein nicht reversibler Zustand erzeugt, wodurch es zum Absterben von Muskeln und Nervenfasern sowie Bindegewebe kommt. Die Toleranzzeiten solcher Gewebe sind unterschiedlich, sie können verlängert sein, wenn eine nicht vollständige Ischämie vorliegt. Ischämiezeiten werden für Nervenfasern mit 3 bis 4 Stunden, für die Muskulatur mit 6 bis 8 Stunden und für die Haut mit 12 Stunden veranschlagt. Die Restitutionsneigung ist schon bei einer geringen Restdurchblutung deutlich anders zu beurteilen (Heinrich et al. 1978).

Von erheblicher Bedeutung scheinen die Lokalisation der Verletzung, ein eventuell vorhandener Umgehungskreislauf, die Lagerung der Extremität, der Blutdruck, die Art der provisorischen Blutstillung sowie die Umgebungstemperatur für die Toleranzzeit zu sein. Durch unterschiedliche Bedingungen können sich bei inkompletter Ischämie Toleranzzeiten für eine erfolgreiche Wiederherstellung der arteriellen Strombahn auf 10 bis 12 Stunden verlängern (Austin et. al. 1996).

Längere Ischämiezeiten können in Ausnahmefällen toleriert werden (Gersak et al. 1997).

Bei einer zeitlich darüber hinausgehenden Minderversorgung des Erfolgsorgans sind die zellulären und ischämischen Stoffwechselprodukte so erheblich gestört, dass mit bleibenden Folgen, auch nach anschließender Reperfusion, zu rechnen ist. Die häufigste systemische Auswirkung nach Reperfusion ischämischer Extremitätenbereiche ist das akute Nierenversagen (Fricke et al. 2002).

Zellschädigungen der Nerven und Muskelzellen führen zum Wassereinstrom in die Zelle und zum Zellödem sowie zu einer lokalen Entzündung. Der anaerobe Stoffwechsel und auch der gestörte Glucoseabbau zur Milchsäure, der gleichzeitig zunehmend abläuft, führen zu einer Acidose. Diese wiederum verstärkt das Ödem in den bereits beeinträchtigten Zellen (Paetz und Allenberg, 1992).

Danach verliert die Zelle ihr energiebedeutsames Calcium und die so genannten Energietransmitter in Form von Adenosintriphosphat. Durch die interstitiell angereicherten Calciumionen werden proteolytische und lipolytische Enzyme aktiviert, was schließlich zu einer irreversiblen Zerstörung von Zellen und auch von Nervenfasern führt. Diese Zerstörung und der dabei zunehmende Druck in den von Fascien umschlossenen Muskellogen verhindern jegliche Restdurchblutung in der Extremität und führen auf Dauer zum irreversiblen Kollaps der kleinen Arterien und Kapillaren. Der Reperfusionskollaps erscheint auch nach Wiedereröffnung des Blutzustroms nicht mehr reversibel (Tsapenko et al. 2001).

Eine plötzliche Reperfusion in ein ischämisches Muskelkompartiment erhöht zudem den Schwellungsdruck, wodurch eine zusätzliche Schädigung durch deutliche Umfangsvermehrung eintreten kann. Es ist deshalb notwendig, frühzeitig eine Entlastung der Muskellogen in Form einer Fasciotomie durchzuführen. Besonders anfällig hierfür sind die Muskellogen, in denen der zugehörige Versorgungsnerv läuft (Balogh und Piza-Katzer 1995). Die allgemeinen Erfahrungen haben gezeigt, dass absolute Blutleeren an Extremitäten für gut 2 Stunden unbedenklich vorgenommen werden können. Nach Arterienverletzungen muss eine Rekonstruktion innerhalb von 4 bis 6 Stunden erfolgen, um das oben beschriebene Syndrom zu verhindern (Walker 1991, Balogh und Piza-Katzer 1995).

Muskelfasern beginnen nach etwa 4 Stunden und Nervenfasern nach ca. 5 Stunden zunehmend ihre Funktion einzustellen (Austin et al. 1996).

Im klinischen Alltag kann oft davon ausgegangen werden, dass bei Arterienverletzung eine inkomplette Ischämie vorliegt. Je nach Leistungsfähigkeit des Restkreislaufes erhöhen sich die Zeiten für die warme Ischämie, so dass unter günstigen Umständen Arterienverletzungen auch nach 18 Stunden erfolgreich versorgt werden können (Gersak et al. 1997).

Im Falle noch längerer verzögerter Rekonstruktion sind jedoch Muskel- und Nervenausfälle unvermeidlich, und die Funktion der Extremität geht ganz oder teilweise verloren.

Tab.31 Anzahl der Versorgung scharfer und stumpfer Arterienverletzungen in den Zeitintervallen aller 3 Dekaden bei 787 Patienten (1973- 2002)

Zeitintervall	bis 6 Stunden	6 bis 14 Stunden	Länger als 14 Stunden
scharf	455	79	23
Stumpf	67	76	87
Summe	522	155	110

Verdan und Gaffiero (1995) berichteten in einer 20-Jahres-Studie nach stumpfen Verletzungen der Arterien der unteren Extremität und einer Ischämiezeit von mehr als 15 Stunden eine Amputationsrate von 25 % bei einer Mortalität von 8,5 %. Nach einer rechtzeitigeren Diagnostik und primärer Arterienversorgung vor Frakturversorgung am Ende des von Ihnen untersuchten Zeitraumes konnte zwar die Mortalität auf 3 % gesenkt werden, aber die Amputationsrate erhöhte sich auf 35 %. Gründe dafür waren Wundinfektionen und akutes Nierenversagen, so dass nach dem Prinzip „life before limb“ gehandelt werden musste. Unsere Ergebnisse nach stumpfen Gefäßverletzungen in der I. Dekade waren vor allen Dingen durch 7 Verlegungspatienten mit stumpfen Arterienverletzungen (durchschnittlich 1180 Minuten Minderdurchblutung) bedingt (Abb.26). Es zeigte sich, dass die Minderdurchblutungszeit bei diesen Patienten bei mehr als einem Tag lag (28 Stunden und 32 Minuten). Li. Zhao et. al. (2002) fanden, dass nach Verkehrsunfall mit Arterienverletzung, nur 50% innerhalb von 24 Stunden erfolgreich versorgt wurden. In dem von ihnen untersuchten Patientengut wurden nur 16 Patienten (38,1%) innerhalb von 8 Stunden operiert. Ursache dafür waren große Entfernungen zwischen Unfallort und versorgender Einrichtung. Shah et. al. (1986) untersuchten 100 Patienten. Bei ihnen lagen eine primäre Amputationsrate von 5% ausschließlich nach stumpfen Gefäßverletzungen mit einer Ischämiezeit von 5 bis 24 Stunden und eine 1-prozentige sekundäre Amputationsrate vor. Sie führten dies auf eine konsequente Gefäßdiagnostik und eine prompte Revaskularisierung nach stumpfem Extremitätentrauma zurück. 1983 Schlickewei et. al. fanden 1992 eine primäre Amputationsrate von 20,4% nach Untersuchung von 113 Behandlungsfällen und eine sekundäre Amputationsrate von 23,9%. Bei den Patienten, die sekundär amputiert werden

mussten, war die Ischämiezeit obwohl eindeutige Zeichen (Weichteilschäden, 81,4% und offene Frakturen, 85,2%) vorlagen länger als 6 Stunden. In unserem Krankengut lag die Ischämiezeit bei 102 Patienten (18,3%) mit scharfen und bei 163 Patienten mit stumpfen Verletzungen (70,9%) bei mehr als 6 Stunden (Abb. 26). Im Wesentlichen deckt sich dies mit den Ergebnissen von Palmieri et. al. (2000). Sie fanden ebenfalls eine Ischämiezeit bei den Amputierten von mehr als 6 Stunden. Die absolute Amputationsrate in dieser 15-Jahres-Studie lag bei 18,5%. Die Amputationsrate bei Poplitealverletzungen war dabei 3-mal so hoch wie bei Arterienverletzungen an anderen Lokalisationen. Bei Krige und Spence, 1987, lag die Amputationsrate bei 10.7% nach 28 Poplitealverletzungen. Sie führten die Amputationsrate auf eine zu lange Ischämiezeit, auf eine Weichteilertrümmerung und auf eine eingetretene Sepsis zurück. berichteten Reynolds et. al. über 36 Arteria poplitea -Verletzungen mit einer Ischämiezeit von 510 Minuten und eine sekundäre Amputationsrate von 13,9 %, wobei eine Ischämiezeit bei den Amputierten von mehr als 10 Stunden vorlag.

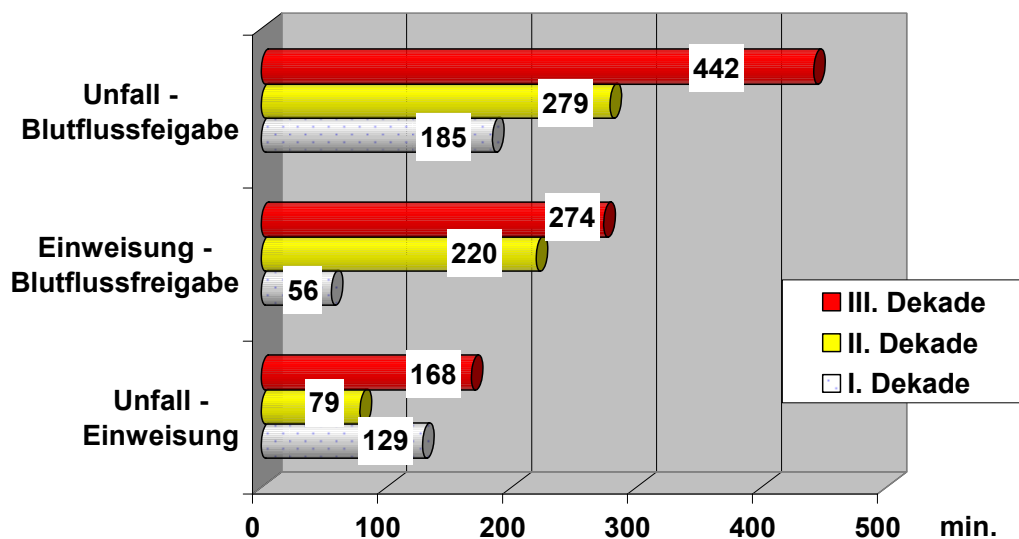


Abb.26 Zeitintervalle der Scharfen Arterienverletzungen aller 3 Dekaden

Eren et al. (1990) postulierte, dass, wenn Frakturen und stumpfen Gefäßverletzungen nach Extremitätentrauma auftreten und die Versorgung innerhalb der ersten 8 Stunden erfolgt die Amputationsrate bei nur 13% liegt. Sie steigt im Krankengut bis auf 39 % bei einer Versorgung nach 8 Stunden (Eren et. al. 1990).

Daraus schlussfolgernd muss festgestellt werden, dass bei offenen Frakturen und bei einer chirurgischen Versorgung nach 8 Stunden die Amputationsrate sprunghaft ansteigt.

In der III. Dekade lagen die Ischämiezeiten bei scharfen Arterienverletzungen im Durchschnitt bei 382 Minuten vom Unfall bis zur Wiederherstellung der Strombahn vor. Vom Unfall bis zur Einweisung vergingen fast 3 Stunden, von Einweisung bis zur Operation 131 Minuten und von Operationsbeginn bis Blutflussfreigabe noch einmal 143 Minuten (Tab.37). Bei den stumpfen Gefäßverletzungen der III. Dekade wurden 52% der Zeit zwischen Unfall und Wiederherstellung der Strombahn in der Klinik für die Diagnostik und die Indikationsstellung vertan. Im Vergleich zu den vorangegangenen Dekaden wurde deutlich mehr Zeit für die Verbringung in die Klinik und die präoperative Diagnostik benötigt (II. Dekade- 42,4%, I. Dekade- 30,3%). Die Ischämiezeit bei 17 Patienten, die aus auswärtigen Einrichtungen in der I. Dekade verlegt wurden, lag bei 1071 Minuten. Es musste 7-mal (5-mal primär, 2-mal sekundär) amputiert werden. Sultanov et al. (2003) fanden bei scharfen Arterienverletzungen in 65% (39 Patienten) eine Versorgung innerhalb von 8 Stunden, bei 15% (9 Patienten) eine Versorgung innerhalb des ersten Tages und bei 20% (12 Patienten) eine Versorgung von bis zu 15 Tagen. Eine totale Ischämie lag in diesem Krankengut bei 73,3% der Patienten (44 Patienten) vor, die daraus resultierende absolute Amputationsrate lag bei 26,6%.

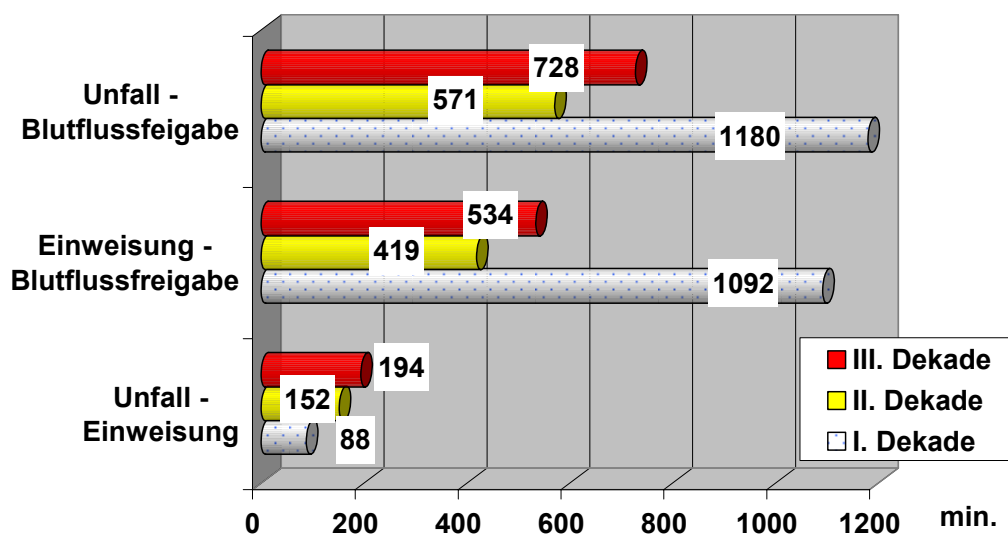


Abb.27 Zeitintervalle der stumpfen Arterienverletzungen aller 3 Dekaden (1973- 2002)

Bei stumpfen Gefäßverletzungen zeigte sich, dass fast die Hälfte aller Fälle erst nach 14 Stunden versorgt wurde (43,8%). Nur knapp 1/3 der Verletzten (29,9%) konnten innerhalb

einer tolerablen 6-stündigen Ischämiezeit und 26,3 % der Patienten wurden bis zu einer Minderdurchblutungszeit von 14 Stunden versorgt (Abb.27).

Guraya (2004) untersuchten 57 Patienten mit einer durchschnittlichen Ischämiezeit von 570 Minuten (3 Stunden bis 19 Stunden) und einer Amputationsrate von 10,5%, dabei lagen in 82,5% scharfe und in 17,5% stumpfe Verletzungen vor. Diese Ergebnisse sind mit unseren Ergebnissen fast identisch. Bei uns fand sich in der Summe aller Zeiten der stumpfen und scharfen Gefäßverletzungen eine Intervallzeit vom Unfall bis zur Wiederherstellung der Strombahn von 585 Minuten. Es lagen allerdings in unserem Krankengut prozentual mehr stumpfe Gefäßverletzungen als bei Guraya (2004) vor. Die Diagnosenstellung nach stumpfen Gefäßverletzungen erfolgte in unserem Krankengut nach 728 Minuten, also fast 4 Stunden später als bei den scharfen Gefäßverletzungen. Dass dies nicht regelhaft ist, zeigte Sriussadaporn (1997) der in einer 6 Jahres-Studie bei 30 Patienten nach stumpfen Gefäßverletzungen der unteren Extremität eine durchschnittliche Ischämiezeit von 240 Minuten aufweisen konnte (1 bis 72 Stunden). Die Amputationsrate lag dabei bei 16,7%. Eine 18-prozentige primäre Amputationsrate konnten v. Wijngaarden et al. (1993) bei 106 Patienten mit stumpfen Gefäßverletzungen finden. Die Intervallzeit zwischen Unfall und Versorgung lag bei 300 Minuten.

Im Krankengut der III. Dekade zeigte sich, dass bei stumpfen Gefäßverletzungen etwa 300 Minuten vergehen, bis die Indikation einer operativen Revision gestellt wurde. Bei Cihan et. al. (2001) war die Intervallzeit vom Unfall bis zur Einweisung mit 210 Minuten deutlich geringer und bei Piatek et. al. (2001) deutlich länger (380 Minuten). Dass selbst unter optimaler Logistik bei Kriegseinsätzen kein optimales Erkennen und Versorgen von Gefäßverletzungen möglich ist, haben Radonic et. al. (1995) bei 21 Kriegsverletzten gefunden. Es vergingen im Durchschnitt 670 Minuten (20 Minuten bis 30 Stunden) zwischen dem Trauma und der Versorgung. Die Zeit bei verzögerter Versorgung lag bei 7 Patienten bei 14 Tagen mit einer Amputationsrate von 17,9 %.

4.3 Amputationsraten nach Arterienverletzungen

Tab.32: Anzahl der Amputationen und Amputationsraten in % nach Extremitätenarterienverletzungen in den Dekaden(1973 – 2002)

Dekade	Anzahl der Extremitäten arterienverletzung	Primäre Amputationsrate	Sekundäre Amputationsrate
I	62	11,2	3,5
II	210	3,9	4,1
III	424	3,3	3,5

Die Erfahrungen in der Gefäßchirurgie wurden vor allen Dingen auf dem Schlachtfeld gesammelt. Konnte durch die Arterienligatur zwar Leben gerettet werden, so war dies aber mit einer hohen Amputationsrate (40,4%) verbunden (DeBakey und Simeone 1946). Durch ein konsequentes Traumamanagement konnte die Amputationsrate während des Korea-Krieges auf 25% und während des Vietnam-Krieges auf 10% gesenkt werden (Walter und Hehrlein 1981).

Die Erfolge ließen sich auch auf den zivilen Sektor übernehmen. 1960 fanden DeBakey et al. eine Amputationsrate nach primärer Wiederherstellung von 7%. 10 Jahre später wurde diese Quote von Drapanas und Hugh (1970) nach Untersuchung von 181

Extremitätenarterienverletzungen bestätigt. Levitzky et al. (1968) gab für eine Ischämiezeit von 1,8 Stunden bei 55 untersuchten Patienten eine primäre Amputationsrate von 13,8% an und Fabian et al. (1982) berichteten Anfang der 70er Jahre bei Verletzungen der Arteria poplitea über eine Amputationsrate von 28%. 12 Jahre später stellten sie eine auf 6% gesunkene Amputationsrate fest. Als Ursachen sahen sie ein konsequentes

Traumamanagement mit frühzeitiger Erstellung einer Verletzungsdiagnose durch explizite Anamnesenerhebung und detaillierte klinische Untersuchung, Anwendung der Arteriographie und nach erfolgreicher Revaskularisierung eine Heparinisierung.

In unserem Krankengut lagen in der ersten Dekade eine primäre Amputationsrate von 11,2% und eine sekundäre Amputationsrate von 3,5%. Daraus ergibt sich eine absolute Amputationsrate von 14,7%. In 6 Fällen erfolgte die Amputation nach primärer auswärtiger Versorgung. Primäre Amputationen erfolgten bei erheblicher Zertrümmerung der Weichteile der Extremitäten und bei einer Ischämiezeit von mehr als 48 Stunden. Sekundär musste nach Revaskularisierungsversuch in zwei Fällen amputiert werden. In beiden Fällen lag ein

verschlepptes Erkennen der Gefäßverletzung vor. Im Wesentlichen werden unsere Ergebnisse von Fainzilber et. al (1995) bestätigt.

In der zweiten Untersuchungsdekade von 1983 bis 1992 konnte die primäre Amputation auf 3,9% gesenkt werden. Dies lässt sich mit dem Ergebnissen von Dajani et. al. (1988) (3,3%) und von Sherif (1995) (4%) vergleichen.

Sekundär mussten in der II. Dekade 9 Patienten nach Gefäßverletzung amputiert werden (4,1%), so dass eine absolute Amputationsrate von 8% vorlag.

In der dritten Dekade konnte die absolute Amputationsrate auf 6,8% gesenkt werden. Es zeigten sich eine primäre Amputationsrate von 3,3% und eine sekundäre Amputationsrate von 3,5% nach Rekonstruktion.

Usmanov et al. (1986, 2003) fanden nach Arterienverletzung sowohl eine primäre als eine sekundäre Amputationsrate nach Revaskularisierung von 18.75 %. Als Ursache für die hohe primäre Amputationsrate sahen die Untersucher die Lokalisation der Verletzung (Arteria poplitea) an und die erheblichen Weichteilzertrümmerungen. Die Angaben decken sich mit den von uns gefundenen Befunden. Wir mussten bei 9 verletzten Kniegelenkarterien 8-mal amputieren.

Durch eine verbesserte Diagnostik, eine bessere chirurgische Technik sowie ein konsequenteres Traumamanagement zeigte sich, dass Ende der 80er Jahre die Amputationsrate auf 5 bis 7% reduziert werden konnte (Frykberg 1987, Feliciano et. al. 1988, Rutherford 1988). Diese Ergebnisse konnten wir bei der Untersuchung der zweiten Dekade (1983 bis 1992) bestätigen. Es lag eine primäre Amputationsrate von 3,3 % und eine sekundäre Amputationenrate von 3,5% vor. Die absolute Amputationsrate im Untersuchungszeitraum lag aber bei 6,8%. Ursächlich für die Amputationsrate waren wiederum erhebliche Weichteilverletzungen im Rahmen von Polytraumen sowie ein verlängertes Zeitintervall zwischen Unfall und Blutflussfreigabe nach Revaskularisierung. Sekundär amputierte Extremitäten mussten ausschließlich nach stumpfen Gefäßverletzungen mit einer Ischämiezeit von länger als 14 Stunden erfolgen.

Downs und Mc Donald (1986) konnten in einer 24-Jahres-Studie von 1960 bis 1984 bei 65 Patienten zwar eine primäre Amputationsrate von 7,9 finden und würden damit die oben genannten Aussagen bestätigen, sie fanden aber eine sekundäre Amputationsrate von sogar 22%. Bei 19 Patienten mit sekundärer Amputation erfolgte erst nach einer Ischämiezeit von 6 Stunden die Rekonstruktion. Fabian et al. (1983) konnten in einer Langzeitstudie über 32 Jahre zeigen, dass die Amputationsrate sich von 74 % nach Ligatur der betroffenen Extremitätenarterie über 28 % bis auf 6 % Anfang der 80er Jahre besserte. 1991 berichteten

Mills und Robbs (1991) nach Untersuchung von 102 Gefäßverletzungen in einem Sechsjahreszeitabschnitt eine Amputationsrate von 12 % bei primärer Amputation und 4 % bei sekundärer Amputation. Sie sahen in einer frühzeitigen Diagnostik einen erheblichen Gewinn für den Patienten. Die hohe primäre Amputationsrate wurde vor allen Dingen durch Patienten mit Knochen- und Gelenkverletzungen sowie erheblichen Weichteilertrümmerungen beeinflusst.

In einer Zehnjahresstudie von 1978 bis 1988 fanden Kohl und Bassey (1991) eine Amputationsrate bei 34 Patienten mit Gefäßverletzungen von 8,8%.

Ende des 20. und zu Beginn des 21. Jahrhunderts konnten keine Erfolge hinsichtlich einer gesunkenen Amputationsrate berichtet werden (Weber et al. 2002). In einer retrospektiven Fünfjahresuntersuchung wurde durch Fainzilber et al. (1995) eine Amputationsrate nach Extremitätenarterienverletzung von 16,5% gefunden.

Bei Kombinationsverletzungen von Knochen- und Gefäßtraumen, die in 1% der Fälle an den großen Röhrenknochen der Extremitäten auftreten, wird von Hupp und Eisele (2002) eine Amputationsrate zwischen 5 und 11% angegeben. Es wurde zwar festgestellt, dass durch eine frühzeitige Diagnostik und verbesserte Rekonstruktionstechniken die Amputationsrate auf unter 15% gesenkt werden konnte, dies entspricht aber dem Stand von 1968 (Levitzky et al. 1968). Andere berichteten von einer primären Amputationsrate von 0% und einer Amputationsrate nach Rekonstruktion von 10% (Nanobashvili et al. 2003). Galambos et al. (2004) konnten in einer 20-Jahres-Studie bei Vorliegen von 70% penetrierenden Verletzungen eine sekundäre Amputationsrate von 5% finden. Sie schlussfolgerten daraus, dass die Mehrzahl der penetrierenden offenen Gefäßverletzungen erfolgreich therapiert werden kann, auch bei Begleitverletzungen der Knochen, der Nerven und der Weichteile. Ursachen dafür waren eindeutige Befunde wie Ischämie einer Extremität distal einer Verletzungsmarke mit fehlendem Puls, so dass hinsichtlich der Indikationsstellung zur Operation keine Probleme bestanden. Dies bestätigte Trooskin et al. (1993) die bei 51 Arterienverletzungen mit mehr als einer Begleitverletzung keine Amputation durchführen mussten. Dieses exzellente Ergebnis wird zurückgeführt auf ein interdisziplinäres Vorgehen mit konsequenter diagnostischer Angiographie.

Drost et al. (1989) untersuchten 10 000 Unfallopfern mit 0,2% Gefäßverletzungen. Ihre Amputationsrate war abhängig von der Unfallursache, von den Begleitverletzungen, vom Legen eines temporären Shunt's während der Operation, der Ischämiezeit und dem Vorliegen einer offenen Fraktur. Im Follow up zeigte sich, dass die primär amputierten Patienten einen geringeren Behinderungsgrad aufwiesen als die, bei denen nach einer komplexen

Extremitätenverletzung mit Arterienbeteiligung aufwendige rekonstruktive Maßnahmen durchgeführt wurden. In einer 8-Jahres-Analyse wurde von Gill et al. (1976) eine Amputationsrate von 13,3% ermittelt. Es zeigte sich, dass bei 6 Amputationen 3 Verletzungen der Arteria poplitea vorlagen. In unserem Krankengut waren alle Unterschenkelamputationen auf Verletzungen der Arteria poplitea zurückzuführen waren, so dass scheinbar nicht nur die oben beschriebenen Faktoren sondern auch die Lokalisation mit der Möglichkeit der Versorgung der Extremität durch einen Umgehungskreislauf diskutiert werden muss. Diese Aussage wird bestätigt von Palmieri et al. (2000) die bei einer 15-Jahres-Studie eine Amputationsrate nach A. poplitea -Verletzung von 26,7% fanden. Ursache dafür scheint ein konsequentes Traumamanagement zu sein, welches auch in unserem Krankengut sichtbar wird. In der von uns untersuchten dritten Dekade wurden bei 405 Extremitätenarterienverletzungen eine primäre Amputationsrate von 3,3 und eine sekundäre Amputationsrate von 3,5% gefunden. Amputationsgründe waren wiederum die über eine tolerable Ischämiezeit hinaus reichende Intervallzeit zwischen Unfall und Blutflussfreigabe (Tab.32). Die Intervallzeit zwischen Unfall und Blutflussfreigabe bei 15 Extremitätenamputationen nach scharfen Arterienverletzungen lag bei 10 Stunden und 31 Minuten. Nur in einem Fall konnte die Intervallzeit zwischen Unfall und Blutflussfreigabe nicht ermittelt werden. In allen anderen Fällen war die Intervallzeit ermittelbar, sie lag bei 896 Minuten. Als weitere Gründe zeigten sich schwere Weichteilschäden in Verbindung mit Knochenbrüchen sowie Nerven- und Sehnenverletzungen.

Die Entscheidung für oder gegen eine Amputation oder den primären Erhaltungsversuch ist schwer. Sie richtet sich nach der individuellen Situation und der Schwere der Begleitverletzung. Es besteht im Outcome kein Unterschied zwischen der primären und der verzögerten primären Amputation (Hoffmann et al. 2001).

Verletzungen einer Unterschenkelarterie führen in der Regel nicht zur Ischämie. Erst die Begleitverletzungen an den Knochen, an den Nerven, an den Venen und an den Weichteilen können die Extremität gefährden. Andererseits wurden nach dem Zweiten Weltkrieg Berichte veröffentlicht, die eine Amputation nach Ligatur einer Unterschenkelarterie nach sich zogen. Es wurden aber keine Begleitverletzungen beschrieben (Riemer et al. 2001).

In der Behandlung von Unterschenkelfrakturen mit Weichteilschaden und Arterienverletzung konnte in einem 16-Jahreszeitraum die Amputationsrate signifikant von 18 auf 4% gesenkt werden. Als Hauptgrund dafür wird ein Therapiekonzept, welches konsequent verfolgt wurde, angeführt (Gerth et al. 2001). Nähere Angaben zu diesem konsequenten Therapiekonzept werden allerdings nicht gemacht. Meek und Robbs fanden

1984 nach Untersuchungen von 102 Gefäßverletzungen in 6 Jahren eine primäre Amputationsrate von 12 % und eine sekundäre Amputationsrate von 4 %. Auch sie begründeten die Amputationsraten mit einer frühen Diagnostik von begleitenden Arterienverletzungen nach Extremitätenfrakturen

Penetrierende Arterienverletzungen mit Begleitverletzungen weisen eine niedrigere Amputationsrate auf als stumpfe Verletzungen mit Weichteilschaden (Atteberry et al. 1996). Bei stumpfen Verletzungen der Arteria poplitea liegt die Amputationsrate fast 8-mal so hoch als nach scharfen Verletzungen (Farris et al. 1996). Harrell et. al. (1997) konnten die hohe Amputationsrate nach stumpfen Verletzungen der Arteria poplitea bestätigen. Bei 38 Gefäßverletzungen lag eine Amputationsrate von 36,8% vor.

Kendall et al. (1982) wiesen nach einem Zeitraum von 7,5 Jahren eine Amputationsrate von 15% nach Rekonstruktion nach Kniegelenkluxationen mit Verletzung der Arteria poplitea nach. Dedichen (1989) konnte in einer Fünfundzwanzigjahresstudie nach Untersuchung von 57 Patienten mit Arterienverletzungen mit einer Amputationsrate von 14% dies bestätigen. Die Ursachen der Amputationsrate lagen in einem großen Zeitintervall zwischen Unfall und Blutflussfreigabe von mehr als 14 Stunden sowie in erheblichen Weichteil-, Venen- und Nervenverletzungen, Frakturen und Luxationen.

Stumpfe Gefäßverletzungen führen nach Harrell et al. (1997) in 36% zu einer Amputation, wenn ein stumpfes Trauma der Arteria poplitea vorliegt, wobei die Amputationsrate nicht nur vom stumpfen Trauma sondern auch vom venösen Rückfluss und von einer Weichteilinfektion abhängig ist. Bei Verletzungen der Arteria femoralis in Kombination mit einer Venenverletzung liegt eine Amputationsrate von 12%, ausschließlich bei den Patienten vor, bei denen die Begleitvenenverletzung durch Ligatur versorgt werden muss (Phifer et al. 1988).

Nach stumpfen Gefäßverletzungen finden sich die meisten Amputationen (89%) und die höchste Mortalität (80%) (Humphrey et al. 1994). In einer 20-Jahres-Studie fanden Humphrey et al. (1994) dass in den ersten 10 Jahren, die Zeit zwischen Unfall und Versorgung 6 Stunden betrug und in den nächsten 10 Jahren durch einen Helikopter-Transport diese auf 4 Stunden gesenkt werden konnte.

Bei uns zeigte, dass in der III. Dekade 52 Patienten mit ausschließlich Arterienverletzungen aus anderen Einrichtungen verlegt wurden. Eine hohe Verlegungsrate von 71,4% kann trotz einer Rate von 43% stumpfer Verletzungen und 64% Begleitverletzungen zu einem exzellenten Outcome führen (Sriussadaporn 1997). Orcutt et al. (1983) schlossen aus einer Amputationsrate von 30%, dass es wichtig ist, Determinanten für den Extremitätenerhalt

festzulegen. Dazu gehören: 1. frühzeitige Diagnostik und prompte Therapie, 2. keine Weichteilschäden, 3. die Resektion der verletzten Gefäßabschnitte und Therapie mit End-zu-End-Anastomose oder Interponat in Verbindung mit einer Heparinisierung und Thrombektomie, 4. Versorgung der Begleitverletzungen, 5. prä- und intraoperative Arteriographie und 6. Fasciotomie.

Nach Kombinationsgefäßverletzungen konnten Kelsch et al. (1999) 10 Amputationen erfassen. Kombinationsverletzungen von Arterie und Vene lagen auch in unserem Krankengut vor. Großlumige Venen zentral des Knie- und Ellenbogengelenkes wurden konsequent rekonstruiert. Dies scheint der Hauptgrund zu sein, dass eine Amputation nach isolierten Venenverletzungen in unserem gesamten Krankengut nicht registriert wurde. In einer Zehnjahresstudie von 1976 bis 1986 anlässlich von kriegerischen Auseinandersetzungen in Libyen fanden Dajani et al. (1992) eine absolute Amputationsrate von 3,3%, in Kombination mit Frakturen lag die Amputationsrate von 11% vor. Bei Kombinationsverletzung von einer Extremitätenarterie und einer drittgradigen offenen Fraktur konnten Faris et al. (1997) bei der Untersuchung von 122 stumpfen Arterienverletzungen der unteren Extremität eine Amputationsrate von 51,6% ermitteln. Die Amputation war in 68% Folge einer Kombinationsverletzung. Eine 100-prozentige Erfolgsquote hinsichtlich des Extremitätenerhalts während der stationären Behandlung wurde von Meyer et al. (1987) nach Versorgung von Venenverletzungen mit begleitenden Arterienverletzungen berichtet. Die Ergebnisse wurden auf eine konsequente Therapie mit lokaler Revision und Thrombektomie nach Phlebographien zurückgeführt.

Ein geringeres Risiko zur Extremitätenamputation haben Patienten mit einem geringen Weichteilschaden und einer penetrierenden Verletzung. Eine Amputation bei offenen Frakturen und Weichteilertrümmerungen ist hingegen nach Shah et. al. (1986) fast obligat. Die von einer verletzten Extremität ausgehende Sepsis führt trotz Amputation in 3,8 % der Fälle nach Arterienverletzung zum Tode (Treska et al. 1992). Ostermann et. al. (1996) fanden bei der Untersuchung von offenen Frakturen mit begleitenden Arterienverletzungen eine Wundinfektionsrate von 12,1% und eine Osteomyelitisrate von 3,3%. Sie sahen dies als eine Ursache für die Amputationsrate von 45,1% an.

Bei Verletzungen der Arteria poplitea oder der Unterschenkeltrifurkation in Verbindung mit Nerven-, Knochen- und Weichteilverletzungen steigt die Amputationsrate bis auf 54% (Wittman et al 1985).

Die Amputationsrate nach stumpfer Gefäßverletzung liegt bei der oberen Extremität nach Hupp und Eisele (2002) bei 18%. Amputationen der oberen Extremität lagen in dem von uns

untersuchten Patientengut bei 2 scharfen Gefäßverletzungen vor. Die Amputationen erfolgten wegen offenen Frakturen mit erheblichen Weichteilertrümmerungen.

Wilson et al. (2003) untersuchten die Inzidenz von iatrogenen Gefäßverletzungen nach orthopädisch-traumatologischen Operationen. Sie lag bei 0,005%. In 14% der Behandlungsfälle musste amputiert werden. Amputationen nach interventionellen Gefäßprozeduren lagen in einer Studie von Gutteridge et al. (1997) bei 1,7%.

Die Amputationsrate selbst ist nicht nur dem Unfallmechanismus und der Behandlungsstrategie sondern auch den Komorbiditäten des Patienten geschuldet (Jung et. al. 2001).

4.4 Begleitverletzungen

Tab.33: Begleitverletzungen in % im Dekadenvergleich

Begleitverletzungen	I	II	III
Frakturen / Luxationen	56,7	64,4	82,7
Nervenverletzungen	27,8	37,5	39,3
Venenverletzungen	36,7	28,8	27
Weichteil- Sehnenverletzungen	47,8	58,3	31
Kopf- Halsverletzungen	16,7	3,8	8,3
Thoraxverletzungen	23,1	9,5	8,5
Verletzungen des Abdomens	27,8	18,9	11,3

Isolierte Arterienverletzungen treten selten auf (Cargel et al. 1992), isolierte Venenverletzungen noch seltener (Pasch et al. 1986). Je nach Verletzungsart und der Intensität sind Gefäßverletzungen kombiniert mit mindestens einer Weichteiltraumatisierung. In erster Linie sind es Venen-, Muskel-, Sehnen-, Nerven- und Knochenverletzungen, die in unmittelbarer Nachbarschaft von Arterien verlaufen (Buri 1973). Daraus ergibt sich, dass bei jeder Gefäßverletzung nach einer Begleitverletzung gesucht werden muss.

4.4.1 Begleitfrakturen und Begleitluxationen

Begleitende Frakturen und/oder Luxationen sind relativ sicher zu diagnostizieren. Bei nicht kriegsbedingten Gliedmaßenarterienverletzungen treten sie in 0,9 bis 4,0% der Fälle auf (Buchholz et al. 1993, Bühren v. 1995). Die häufigsten Lokalisationen von Frakturen sind im Oberschenkelschaft- und Unterschenkelschaft- sowie im Tibiakopfbereich zu finden (Bühren v. 1995). Bei stumpfen Gefäßverletzungen handelt es sich immer um geschlossene Begleitfrakturen, bei penetrierenden Verletzungen um offene Frakturen.

In den von uns untersuchten 30 Jahren fanden sich 570 Frakturen und Luxationen (63,6%) bei 896 Patienten. Es lagen dabei in den ersten zwei Dekaden etwa bei der Hälfte der Arterienverletzungen Frakturen und/oder Luxationen vor (I. Dekade 56,9%, II. Dekade 50,8%) (Tab.33). Gleichlautende Ergebnisse ermittelten Gill et al. (1976) (55%). Vermehrte Begleitfrakturen zeigten sich bei Li Zhao et al. (1999) (69,7%). Die Untersucher führten die prozentual hohe Zahl auf die in einer Dreißigjahresuntersuchung vermehrten Verkehrsunfälle

mit penetrierenden Arterienverletzungen zurück. Vergleicht man die prozentual gefundenen Frakturen und Luxationen mit der von uns erhobenen Gesamtrate, so können wir dies bestätigen. Die Tendenz, dass mit Zunahme von Verkehrsunfällen als Ursache für Frakturen auch Gefäßverletzungen zunehmen zeigt sich auch in unserem Krankengut. In der ersten Dekade lagen 29% Verkehrsunfälle vor (56,9% Frakturen) und in der zweiten Dekade bei 34,6% Verkehrsunfällen 50,8% Begleitfrakturen und in der dritten Dekade fanden sich bei 36,6% Verkehrsunfällen insgesamt 72,9% Begleitfrakturen.

Sind kleinkalibrige Arterien verletzt, findet sich eine prozentual geringere begleitende Frakturhäufigkeit (10%) (Ballard et al. 1992). Nach Schussverletzungen und Verkehrsunfällen mit Verletzung von großkalibrigen Arterien liegen mit 60% auch mehr Begleitfrakturen vor (Floyd und Kerstein, 1986). Untersucht man Arterienverletzungen nach kriegerischen Auseinandersetzungen, so liegen sehr unterschiedliche Aussagen vor. Radonic et al. (1975) fanden in 71% begleitende Frakturen. Sherif (1992) fand hingegen bei der Untersuchung von 224 Patienten anlässlich des ersten Afghanistan-Krieges nur in 25,6% Begleitfrakturen. Ursache hierfür scheint die große Anzahl von Verletzungen kleinkalibriger Arterien zu sein (146 Minor- und 78 Majorarterien).

Bei iatrogenen Gefäßverletzungen lagen keine Begleitfrakturen in unserem Krankengut vor. Bei in suizidaler Absicht zugefügten Verletzungen mit bei Stürzen aus großer Höhe finden sich multiple Frakturen an den Extremitäten und am Körperstamm. In der ersten Dekade lagen zwei Beckenfrakturen und eine Rippenfraktur, in der zweiten Dekade zwei Oberarmfrakturen und in der dritten Dekade bei einem Patienten eine Oberarm-, Oberschenkel-, Becken- und Mittelgesichtsfraktur sowie Rippenfrakturen vor. Er verstarb an den Folgen des Polytraumas. Bei einem weiteren Patienten wurden eine Unterschenkelfußskelettfraktur sowie eine Großzehenluxation diagnostiziert. Häufiger traten nach Verletzungen in suizidaler Absicht mit den typischen Unterarmschnittverletzungen Sehn-, Muskel- und Nervenverletzungen auf sowie begleitende Venenverletzungen.

Bei Arterienverletzungen nach Verkehrsunfall ist in der Hälfte der Fälle mit Frakturen und Luxationen zu rechnen (Wali 2002). Gleichlautende Ergebnisse wurden sechs Jahre zuvor von Bhargava et al. (1996) bei der Untersuchung von 54 Fällen (53,7%) veröffentlicht. Die in unserem Patientengut in der dritten Dekade gefundenen Begleitfrakturen von 72,9% waren ursächlich auf Verkehrsunfälle (36,6%) und Arbeitsunfälle (14,3%) zurückzuführen.

Begleitfrakturen nach Verletzungen in tätlicher Auseinandersetzung lagen nicht vor. Auch wir konnten vermehrte Frakturen bei Verletzungen der großen Arterien (Arterien des Oberarmes,

Oberschenkels und zentrale Arterien), wie sie auch von Sherif (1992) beschrieben wurden finden. In der dritten Dekade zeigte sich das Verhältnis von Major- und Minorarterien von 1:2,9.

Asirdizer et al. (2004) sahen als Ursache von Begleitfrakturen (37,1%), Schusswunden (36,6%), Verkehrsunfälle (14%) und Arbeitsunfälle (6,2%) an.

4.4.2 Begleitende Nervenverletzungen

Nervenverletzungen fanden sich bei uns in dreißig Jahren in 32,8% der Fälle. Im Vergleich der Dekaden war ein Anstieg um 10% (I. Dekade 24,5%, II. Dekade 32,7% und III. Dekade 34,6%) zu verzeichnen (Tab.33). Die Ergebnisse von Li Zhao (1999) lagen in einer ebenfalls 30jährigen Studie doppelt so hoch (58,1 %). In kürzeren Untersuchungsabschnitten lagen bei Robbs und Baker (1978) 18%, Vollmar (1996) 21%, Cikrit et al. (1990) 49,5% und bei Myers et al. (1989) 43,4 % Begleitnervenverletzungen vor. Ursächlich waren in den Studien vor allem Schuss- und Stichverletzungen sowie Verkehrsunfälle für die Verletzungen verantwortlich. Verletzt wurden nervale Strukturen in unmittelbarer anatomischer Nachbarschaft zu den Arterien. Die teilweise oder vollständige Unterbrechung der Nervenstruktur oder auch nur der Leitfähigkeit mit ausbleibender Reinnervation macht die erfolgreiche Revaskularisierung häufig zunichte.

Die häufigsten Ursachen von Nervenverletzungen sind Schnittverletzungen mit Glas. An zweiter Stelle stehen Verletzungen im Rahmen von Verkehrs- und Arbeitsunfällen. Bei uns waren es ursächlich vor allem Verkehrs- und Freizeitunfälle mit penetrierenden Verletzungen. Verletzungen von Nerven betreffen nicht nur die Motorik und Sensibilität sondern auch die Trophik. Die postoperativ registrierte gestörte Trophik ist vielmehr durch die Nerven als durch die Gefäßverletzung verursacht (Lanz 1990). Während die Gefäßverletzungen nur einen geringen Einfluss auf die Kältetoleranz haben, ist sie bei begleitenden Nervenverletzungen ausgeprägt (Gelberman et al. 1979).

Im Zeitraum von 1973 bis 1982 fand sich bei jedem vierten Patienten in unserem Krankengut eine begleitende Nervenverletzung. Alle Nervenverletzungen lagen in unmittelbarer anatomischer Nähe zum verletzten Gefäß. Fast alle Nervenverletzungen waren infolge von penetrierenden Verletzungen mit scharfen Arterienverletzungen vergesellschaftet. In zwei Fällen kam es durch eine stumpfe Gewalt zu Plexus brachialis- Ausrissen bei stumpfer Verletzung der A. brachialis und A. axillaris. Therapiepflichtige Nervenverletzungen nach

Unfällen finden sich besonders im Bereich der Extremitäten, des Schulter- und des Beckengürtels sowie der Kopf- und Halsregion (Holle 1995).

Im Untersuchungszeitraum von 1983 bis 1992 sahen wir in 32,7% begleitende Nervenverletzungen. 97% der Nervenverletzungen wurden durch ein direktes penetrierendes Trauma in unmittelbarer Nachbarschaft zu der verletzten Arterie verursacht. Meyers et al (1997) fanden 55,8% Nervenverletzungen bei 95 Arterienverletzungen der oberen Extremität. In unserem Patientengut zeigten sich bei 115 Arterienverletzungen der oberen Extremität 84 Nervenverletzungen (73,0%). Wesentlich weniger Nervenverletzungen ereigneten sich an der unteren Extremität. Bei 92 Arterienverletzungen des Beines waren es 6,5% Nervenverletzungen. Cargill et al. (1992) konnten dies bestätigen. Bei ihnen lagen 11% Nervenverletzungen bei 233 Patienten mit 297 Arterienverletzungen an der unteren Extremität vor. Zu gleichlautenden Ergebnissen (11,8% Nervenverletzungen) kommen Ozisik und Erturk (2001) nach Auswertung von 63 Kriegsverletzungen. Ballard et al. (1992) konnten bei der Untersuchung von Gefäßverletzungen distal des Ellenbogen- und Kniegelenkes in 75% begleitende Nervenverletzungen erfassen. Vergleicht man dies mit unserem Patientengut, so zeigte sich, dass bei 77 Patienten mit Verletzungen distal des Ellenbogen- und Kniegelenkes 78 Nervenverletzungen vorlagen. Bei fast allen scharfen Arterienverletzungen des Unterschenkels und Unterarmes lagen mindestens eine oder mehrere Nervenverletzungen vor. Die von Floyd und Kerstein (1986) untersuchten penetrierenden Arterienverletzungen zeigten eine 100% Mitbeteiligung von Nerven. Sherif (1995) ermittelte bei der Untersuchung von 224 Kriegsverletzungen mit 63 Arteria axillaris- und Arteria subclavia- Verletzungen in allen Fällen eine Verletzung des Plexus brachialis. In unserem Patientengut lagen nur 6 Plexus brachialis- Verletzungen bei 59 Gefäßverletzungen in diesem Bereich (10,2%) vor. In einem Fall komprimierte nach stumpfer Gefäßverletzung ein Aneurysma den Plexus brachialis. Die Ursachen für die erheblichen Unterschiede sind in der Verletzungsart zu finden. In kriegerischen Auseinandersetzungen mit Mienen- und Bombenexplosionen sowie Schussverletzungen zeigen sich wesentlich häufiger Begleitverletzungen von Nerven als zu Friedenszeiten durch Stichwunden oder stumpfe Gewalt (Sherif 1995; Radonic et al. 1997; Ozisik und Erturk 2001, Guraya 2004). Im Untersuchungszeitraum von 1993 bis 2002 (III. Dekade) lagen bei 491 Patienten 170 Nervenverletzungen vor (34,6%) (Tab.33). Es wurden ausschließlich penetrierende Verletzungen durch Schnitt und Stich erfasst.

Brown et al. (2001) ermittelten in 19% Nervenverletzungen bei einem Verhältnis von 70% scharfen und 30% stumpfen Ursachen. In unserem Patientengut lag ein ähnliches Verhältnis

von 71,5% zu 28,5% vor. Ein Grund dafür ist nicht erkennbar und kann nur durch eine intensivere Exploration vermutet werden.

4.4.3 Begleitende Venenverletzungen

Wir fanden bei 433 Patienten 117 begleitende Venenverletzungen (27%). Es lagen in 79,4% scharfe, penetrierende und in 20,6% stumpfe Verletzungen vor (Tab.33). Andere bestätigten diese Ergebnisse (Pasch et al. 1986 - 29%, Dorler et al. 1987 - 22,9%, Mc Grady et al. 1987 - 24,2%, Bhargava et al. 1996 - 35,2%).

Feliciano et al. (1988) fanden bei Patienten mit überwiegend penetrierenden Verletzungen (81%) bei der Untersuchung von 225 Arterienverletzungen in mehr als 50% kombinierte arteriovenöse Verletzungen. Orcutt et al. (1983) konnten sogar in 54% Verletzungen der Arterie und der Vene bei 35 Patienten nachweisen. Die Ursachen waren tätlichen Auseinandersetzungen (Schuss- und Stichwunden) und Verkehrsunfällen. Auch Schramek und Hashmonai (1977) ermittelten bei der Untersuchung von 51 Kriegsverletzten 51,9% venöse Begleitverletzungen.

Die Verletzungsursache scheint also der entscheidende Faktor hinsichtlich der Begleitvenenverletzungen zu sein. Bei kriegerischen Auseinandersetzungen und Tötlichkeiten mit Schusswaffen sowie Rasanztraumen im Zusammenhang mit Verkehrsunfällen scheinen Begleitvenenverletzungen häufiger aufzutreten als im Rahmen von Arbeitsunfällen und Freizeitunfällen.

Legt man das Obengesagte zu Grunde, müssten in der zweiten und dritten Dekade weniger Verkehrsunfälle aufgetreten sein. Es zeigte sich, dass Verkehrs- und Arbeitsunfälle im Vergleich zur ersten Dekade aber zunahmen, so dass wir eine Zunahme der begleitenden Venenverletzungen durch Rasanzverkehrsunfälle nicht bestätigen können.

Floyd und Kerstein (1986) untersuchten Patienten mit einem hundertprozentigen Extremitätenerhalt nach Arterienverletzung und fanden dabei in 90% Venenverletzungen. Die Unfallursachen waren in 60 % penetrierende und in 40% stumpfe Verletzungen. Gleiches ermittelten Meyer et al. (1987) bei der Untersuchung von Venenverletzungen. Geringere prozentual erfasste begleitenden Venenverletzungen (15,7%) konnte Guraya (2004) in einer Vierjahresstudie finden, obwohl 54,3% der Verletzungen durch penetrierende Ursachen infolge von Schusswaffengebrauch vorlagen. Gleiches zeigte sich bei Sriussadaporn (1997) (15,2%). Noch geringere Anzahlen von Begleitvenenverletzungen wurden durch Brown et al.

(2001) die bei der Untersuchung von 71 Patienten mit 70% penetrierender Arterienverletzung nur in 5,6% Venenverletzungen beschrieben

4.5 Therapien

Tab. 34: Therapievergleich in % aller Dekaden

Therapie	I	II	III
Direkte Naht/Reanastomisierung	34,7	38,4	42
Autologes Venentransplantat (Patch, Interponat)	25,5	33,5	41,2
Prothese (Dacron, PTFE)	1,02	4,2	1,9
Ligatur	25,5	9,8	5,2
Primäre Amputation	17,7	5,2	3,8

Die therapeutischen Maßnahmen sollten darauf abzielen, den Verletzten vollständig wiederherzustellen, so dass für ihn die Wiederaufnahme der normalen Lebensgewohnheiten möglich wird. Die Erhaltung des Lebens ist zwar vorrangiges Prinzip („life before limb“), sollte heute aber nicht mehr allein als maßgebendes Behandlungsziel bei Gefäßverletzungen gelten.

Das therapeutische Vorgehen am Unfallort ist dabei entscheidend vom Erstuntersucher abhängig. Unter den Erstmaßnahmen ist die Kontrolle der Blutung wichtig. Die Blutstillung sollte möglichst rasch am Unfallort in Verbindung mit der Schockbekämpfung durchgeführt werden (Seiler et al. 2000). Durch einen suffizienten Druckverband kann in der Regel eine ausreichende Blutstillung erreicht werden. In besonderen Fällen muss eine Arterie auch durch vorübergehenden manuellen Druck komprimiert werden (Seiler und Richardson 1986). Das Hochlagern der Extremität mit Inkaufnahme der Verschlechterung der kollateralen Zirkulation und die extreme Gelenkbeugung sind ebenfalls Methoden der Blutstillung (Adelmann 1992). Die Anwendung von Tourniquets, Klemmen und Ligaturen zur provisorischen Blutstillung erscheinen heute nicht mehr gerechtfertigt. Eine richtige Druckdosierung ist gewöhnlich mit Tourniquets, gleich welcher Art, nicht möglich, wobei mit zusätzlichen Schädigungen der Weichteile, Arterien, Venen und Nerven gerechnet werden muss. Tourniquets führen zur Unterbrechung der über die Kollateralen noch vorhandenen Restdurchblutung der ischämischen Extremität und verhindern den venösen Rückstrom durch

die unverletzte Vene. Ligaturen und Arterienklemmen können zu einer zusätzlichen Wandschädigung führen, die unter Umständen eine direkte End-zu-End-Naht unmöglich macht. Bei Verletzungen der Körperstammgefäße steht die Volumensubstitution zur Regulierung der Schocksymptome im Vordergrund. Eine lokale Blutstillung außerhalb der Klinik ist illusorisch (Boettcher et al. 1972). Bei intrathorakalen und intraabdominellen Gefäßverletzungen sollte der Verletzte so rasch wie möglich mittels Hubschrauber in ein Zentrum mit gefäßchirurgischer Erfahrung verbracht werden. Die chirurgische Therapie zielt in erster Linie auf die Wiederherstellung der Gefäßkontinuität. Die Indikation zum operativen Vorgehen ist bei jeder Gefäßverletzung gegeben (Downs und MacDonald 1986). Die Frage nach dem Zeitpunkt des Eingriffes ist eindeutig. Der Begriff der Stundengrenze (Buri 1968) und der tolerablen Ischämiezeit (Vollmar 1996) haben hier eine entscheidende Bedeutung. Bei der Versorgung von Gefäßverletzungen stehen Standardverfahren zur Verfügung. Trotzdem müssen technische Grundzüge, wie die traumafreien Gefäßenden, die Fixierung von Intimaeinrissen, ein einwandfreier Zu- und Abstrom im verbliebenen Gefäßbett und zur Vermeidung einer Thrombosierung, die Applikation von Heparin beachtet werden (Walther und Hehrlein 1981). Die Wiederherstellung der arteriellen Strombahn sollte, wenn immer möglich, durch ein direktes Rekonstruktionsverfahren mit seitlich lateraler Naht oder End-zu-End-Naht oder Reanastomisierung erfolgen (Boettcher et al. 1972; Vollmar 1996). Bei einer traumatischen Arterienenddurchtrennung retrahieren sich die Arterienstümpfe, so dass häufig ein größerer Gefäßdefekt vorgetäuscht wird. Mittels einer End-zu-End-Naht sollen sich nach Vollmar (1996) 80% der Verletzten therapieren lassen. Defektstrecken von bis zu 2 cm können durch Mobilisation ohne Interponat versorgt werden. Bevorzugt wird die fortlaufende Naht nach Jensen und Carrel bei großkalibrigen Arterien mit einem Durchmesser größer als 8 mm. Einzelknopfnähte sind indiziert bei Jugendlichen, bei denen ein Mitwachsen der Anastomose notwendig ist sowie bei kleinkalibrigen Arterien zur Vermeidung nahtbedingter Stenosen. Die End-zu-End-Anastomose kleinkalibriger Gefäße sollte nach Möglichkeit unter Anschrägung der Gefäßenden zur Vergrößerung des Anastomosenquerschnittes und zur Vermeidung von nahtbedingten Lumeneinengungen erfolgen. Andere Anastomosenerweiterungsverfahren besitzen nach Vollmar (1996) demgegenüber nur geringe klinische Bedeutung. Die Therapie mit einer End-zu-End-Naht/ Reanastomisierung wurde in der I. Dekade bei 1/3 aller Patienten (34,7%) durchgeführt. In der II. und der III. Dekade kam es zu einem Anstieg dieser Versorgungsoption (38,4%; 42%). Eine End-zu-End-Anastomose nach zivilen Gefäßverletzungen kommt in 46,3% bis 80% zur Anwendung (Koivunen et al. 1982, Bhargava et al. 1996, Vollmar 1996). Die Aussage von Vollmar (1996) dass 80% aller Gefäßverletzungen

durch eine direkte Naht versorgt werden können, kann damit von uns nicht bestätigt werden. Die Auffassung von Vollmar stützt sich auf die Ergebnisse von Hughes (1955) der bei der Untersuchung von Kriegsverletzten in 76% die Verletzung mit einer direkten Naht versorgen konnte. Die untersuchten Gefäßverletzungen betrafen vor allem Arterien mit einem Durchmesser von mehr als 8 mm. Galambos et al. (2004) versorgten gar nur 9,4% von peripheren Arterienverletzungen mit einer direkten Naht. Unsere Ergebnisse bestätigen die von Gill et al. (1976) die 41% der Arterienverletzungen mit direkter Naht versorgen konnten. Pasch et al. (1998) haben 23% ihrer Gefäßverletzten mit einer direkten Naht oder einer End-zu-End-Anastomose versorgen können. Wenn die Schnittträger durch Rissbildung unscharf sind, ist eine sparsame Resektion geboten, damit eine End-zu-End-Anastomose realisiert werden kann. Sollte das nicht möglich sein, kommt ein autologes Streifentransplantat zum Einsatz.

Die Rekonstruktion von Arterienverletzungen mit einem autologen Venentransplantat oder Interponat zur Defektüberbrückung von mindestens 2 cm erfolgte in der I. Dekade in 25,5%, in der II. Dekade in 33,5% und im letzten Zeitintervall in 41,2% (Tab.34).

Alloplastische Prothesen (Dacron- oder PTFE- Prothese) wurden in unserem Krankengut selten implantiert. In der I. Dekade versorgten wir einen Patienten mit einer Verletzung (1,02%) der Arteria poplitea mittels PTFE- Prothese. In der II. Dekade erfolgte eine prothetische Versorgung in 4,2% und in der III. Dekade in 1,9% der Arterienverletzungen. Wegen der Gefahr der Protheseninfektion sollte der Einsatz von Fremdmaterial auch die Ausnahme bleiben (Markgraf et al. 1998). Cihan et al. (2001) versorgten ebenfalls nur in 4,8% zentrale Gefäßverletzungen mit Prothesen. Der synthetische Aortenersatz weist sehr gute Langzeitergebnisse aus (Thomas et al. 1988).

Die prozentuale Zunahme der Behandlungen mit Versorgung durch direkte Naht/ Reanastomisierung und autologes Veneninterponat erscheint umgekehrt proportional der Behandlung von Gefäßverletzungen durch Gefäßunterbindung und der primären Extremitätenamputation und Organextirpation. Gefäßligaturen wurden in der I. Dekade bei jedem 4. Patienten (25,5%) angewandt, in den weiteren Untersuchungszeiträumen wesentlich seltener. Es erfolgten in der II. Dekade in 9,8% und in der III. Dekade nur noch in 5,2%. Die Extremitätenamputationen als primäre Therapie nach Verletzung einer Arm- und/oder Becken-Beinarterie ging deutlich in den Untersuchungszeiträumen zurück (17,7%; 5,2%; 3,8%). Wenn durch ausgedehnte Verletzungen der Gefäße mit Defektbildung, eine Gefäßrekonstruktion mit einer End-zu-End-Anastomose oder durch Versorgung mit autologer Vene nicht möglich ist, muss eine Gefäßersatzoperation vorgenommen werden. Das häufigste Verfahren dabei ist die

Interposition eines freien Transplantates. Thomas et al. (1988) fanden, dass 20 bis 30% aller Gefäßverletzungen mit einem graft versorgt werden. Periphere Gefäße werden vorzugsweise mit einem Vena saphena- Transplantat versorgt. In Ausnahmefällen ist auch die Vena cephalica geeignet. Zentrale große Gefäße werden mit alloplastischen Prothesen versorgt. Das Venentransplantat sollte an den unverletzten Extremitäten entnommen werden, um nicht bei gelungener Rekonstruktion durch die Reduktion der venösen Drainage eine Erhöhung des Druckgradienten im Kapillarbereich zu bewirken. Bei ausgedehnten und verschmutzten Verletzungen ist nach Blutstillung und Wundreinigung ein großer Umgebungsby-pass, dessen Anastomosen im Gesunden liegen, anzulegen (Buri 1973).

Die Transplantation von autologen bzw. homologen Venen oder von alloplastischen Gefäßprothesen werden vom Ausmaß der Verletzung, vom Gefäßkaliber und von einem möglichen Kollateralkreislauf bestimmt. Dacronprothesen sind für Gefäße mit einem geringeren Durchmesser als 8 mm ungeeignet (Hoffmann und Hutschenreiter 1983). Die Anwendung beschränkt sich deshalb auf die Aorta, supraaortische Gefäße und Gefäße des Beckens. Distal des Leistenbandes sind PTFE-Prothesen geeignet (Markgraf et al. 1998). Zu bedenken ist, dass distal der Femoralisgabel bei Verwendung von Kunststoffprothesen im Vergleich zu Veneninterponaten Thrombosen zunehmen (Boettcher et al. 1972).

Galambos et al. (2004) konnten Arterienverletzungen bei jedem 4. Patienten (26,6%) mit einem Sapheneninterponat und nur 6,2% mit einer PTFE- oder Dacron- Prothese therapieren. Die Untersuchung bezog sich auf periphere Arterienverletzungen. Ozisik und Erturk (2001) versorgten 9,2% der Verletzungen mit alloplastischer Prothese. Die verletzten Gefäße waren ausschließlich weiter als 8 mm. Gill et al. (1976) therapieren 47%, Pasch et al. (1986) sogar 70% der Gefäßverletzten mit einem autologen Venentransplantat als Patch- oder Streifentransplantat oder Veneninterponat. Sie liegen damit deutlich über den von uns gefundenen Ergebnissen. Sie bestätigen aber, dass die Versorgung von Arterienverletzungen bis zu 80% mit einer direkten Naht oder einer End-zu-End-Anastomose (Gill et al. 1976 - 41%, Pasch et al. 1986 - 23%) und dem Einsatz von autologem Venematerial erfolgt. Guraya (2004) bestätigte dies. Er versorgte 41% mit einem Venentransplantat und 37,2% durch ein direktes Nahtverfahren. Ozisik und Erturk (2001) therapieren über die Hälfte ihres Patientenguts mit einem Venentransplantat (51,3%) und nur 32,8% durch eine End-zu-End-Anastomose oder eine direkte Naht.

Die Ligatur von Arterienverletzungen ist nur anzuwenden wenn ein ausreichend gutes Kollateralnetz, eine arterielle Doppelversorgung oder eine vitale Situation mit Gefährdung des Patienten durch einen Verblutungstod („life before limb“) vorliegt. Als Therapieoption für

andere Situationen wird die Gefäßligatur zunehmend verlassen. Wurde die Ligatur noch im Jahre 1988 in 19,7% (Feliciano et al. 1988) angewandt so waren es 1990 nur noch 16,8% (Cikrit et al. 1990) und 1993 noch 6% (v. Wijngaarden et al. 1993). In einem pädiatrischen Krankengut zeigte deVirgilio et al. (1997) dass in 11% die Unterbindung des Gefäßes bei peripheren Arterienverletzungen noch zulässig ist. Es wurden allerdings ausschließlich Arterien des Unterarms und des Unterschenkels unterbunden.

Wurde in unserem Krankengut in der I. Dekade noch jede 4. Arterienverletzung mit einer Ligatur therapiert, so waren es in der in der III. Dekade nur noch 5,2% der Arterienverletzungen, die nicht durch ein rekonstruktives Verfahren behandelt wurden.

5. Erhebungsdaten

Datenrecherche

Patienteninitialen

Krankenblattnummer/Ambulanzkarte

Geschlecht

Alter

Verletzungsart

Verletzungsgrad

verletztes arterielles Gefäß

verletztes venöses Gefäß

Polytrauma

Diagnostik

Versorgung

Begleitverletzungen

Follow up

Zeitintervalle

Unfall bis Einweisung

Einweisung bis Versorgung

Unfall bis Blutflussfreigabe

Fremdblutgaben

erstversorgendes Krankenhaus

Durch welche Fachrichtung erfolgte die ambulante Weiterbehandlung?

Durch welche Fachrichtung wurde die stationäre Erstversorgung durchgeführt?

Antibiose

Keimspektrum

p.o. Medikation

Fremdblutgaben

Defektstreckenlänge

Revisionseingriffe

6. Literatur

1. Adelman M and Linington C. (1992) Molecular mimicry and the autoimmune response to the peripheral nerve myelin P0 glycoprotein. *Neurochem Res.* 17(9):887-891.
2. Armstrong K, Sfeir R, Rice J, Kerstein M (1988) Popliteal vascular injuries and war: are Beirut and New Orleans similar? *J Trauma.* 28(6):836-839.
3. Aufmolk M und Nast-Kolb D, (2001) Abdominaltrauma *Der Unfallchirurg* 104 (9):861-875.
4. Aufmolk M, Flüchter B, Stalp M, Andreß H, Baacke M, Bahlmann L, Nast-Kolb D (2002) *Intensivmedizin und Notfallmedizin* 39(5):427-436.
5. Asirdizer M, Yavuz MS, Buken E, Daglar S and Uzun I (2004) Medico legal evaluation of vascular injuries of limbs in Turkey. *J Clin Forensic Med.* 11(2):59-64.
6. Atteberry LR, Dennis JW, Russo-Alesi F, Menawat SS, Lenz BJ, Frykberg ER (1996) Changing patterns of arterial injuries associated with fractures and dislocations. *J Am Coll Surg.* 183(4):377-383.
7. Austin OM, Redmond HP, Burke PE, Grace PA, Bouchier-Hayes DB. (1996) Vascular trauma-a review. *J Am Coll Surg.* 182(3):282.
8. Bade PG, Mulla MI, Thomson SR, Robbs JV (1991) Shotgun vascular injury of the limbs. *South African Journal of Surgery* 29:83-91
9. Baker LW (1972) The use of ultrasound flow velocity (Doppler) studies in vascular disease. *South African Medical Journal* 46:1010-1016.
10. Baker WE, Wassermann J. (2004) Unsuspected vascular trauma: blunt arterial injuries. *Emerg Med Clin North Am.* 22(4):1081-98.
11. Ballard JL, Bunt TJ, Malone JM. (1992) Management of small artery vascular trauma. *Am J Surg.* 164(4):316-319.
12. Balogh B and Piza-Katzer H. (1995) Compartment syndrome. Frequently missed, with severe sequelae] *Langenbecks Arch Chir.* (6):308-314.
13. Barker EM, Robbs JV (1992) Combined arterial devascularisation and cryosurgical obliteration in the treatment of giant expanding haemangiomas. *South African Journal of Surgery.* 30:209-216.
14. Beall AC Jr, Ochsner JL, Morris GC Jr, Cooley DA, DeBakey ME (1961) Penetrating wounds of the heart. *J Trauma.* 1:195-207.

15. Becker CD, Mentha G, Schmidlin F, Terrier F (1998) Blunt abdominal trauma in adults: role of CT in the diagnosis and management of visceral injuries. Part2: Gastrointestinal tract and retroperitoneal organs. *European Radiology* 8(5):772-780.
16. Bhargava JS, Kumar R, Singh RB, Makkar A. (1996) Civilian vascular trauma: an experience of 54 cases. *J Indian Med Assoc.* 94(2):47-49.
17. Boettcher I, Löhr E, Löhnert J (1972) Diagnostik und Therapie bei der Sofortversorgung offener und gedeckter Arterienverletzungen. *Bruns' Beitr. Klin. Chir.* 219(4):303-312.
18. Bormann BJ, Huang CK, Mackin WM, Becker EL. (1984) Receptor-mediated activation of a phospholipase A2 in rabbit neutrophil plasma membrane. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 81(3):767-770.
19. Brown KR, Jean-Claude J, Seabrook GR, Towne JB, Cambria RA (2001) Determinates of functional disability after complex upper extremity trauma. *Ann Vasc Surg.* 15(1):43-48.
20. Bryan T, Merritt P, Hack B (1991) Popliteal arterial injuries associated with fractures or dislocations about the knee as a result of blunt trauma. *Orthop Rev.* 20(6):525-530.
21. Buchholz J, Knopp W, Neumann K, Muhr G (1993) Arterielle Gefäßverletzungen bei Frakturen oder Luxationen der unteren Extremität. *Chirurg* 64: 174-179
22. Bühren V (1995) Gefäße. In: Rüter A, Trentz O, Wagner M (Hrsg.) *Unfallchirurgie*, Urban&Schwarzenberg München-Wien-Baltimore: 383-396.
23. Buri P(1972) Arterielle Komplikationen stumpfer Verletzungen im Kniebereich. *Hell. Chir. Acta* 39: 657-659.
24. Buri P (1973) *Traumatologie der Blutgefäße*. Hans Huber Verlag Bern-Stuttgart-Wien.
25. Burnett HF, Parnell CL, Williams GD and Campbell GS (1976) Peripheral arterial injuries: a reassessment. *Ann Surg.* 183 (6):701-709.
26. Cargill RI, Kiely DG, Clark RA, Lipworth BJ.(1995) Hypoxaemia and release of endothelin-1. *Thorax.* 50(12):1308-1310.
27. Cargill RI, McFarlane LC, Coutie WJ, Lipworth BJ.(1996) Acute neurohormonal responses to hypoxaemia in man. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 72(3):256-260.
28. Cihan HB, Gulcan O, Hazar A, Turkoz R. (2001) Peripheral vascular injuries. *Ulus Travma Derg.* 7(2):113-116.
29. Cikrit DF, Dalsing MC, Bryant BJ, Lalka SG, Sawchuk AP, Schulz JE. (1990) An experience with upper-extremity vascular trauma. *Am J Surg.* 160(2):229-233.

30. Cooper C, Rodriguez A, Omert L (1992) Blunt vascular trauma. *Curr Probl Surg.* 29(5):281-357.
31. Cox CS, Jr., Allen GS, Fischer RP, Conklin L, Duke JH, Cocanour CS, Moore FA. Blunt versus penetrating subclavian artery injury: presentation, injury pattern, and outcome. *J Trauma* 46(3):445-9, 1999.
32. Dajani OM, Haddad FF, Hajj HA, Sfeir RE, Khoury GS (1988) Injury to the femoral vessels- the Lebanese War experience. *Eur J Vasc Surg.* 2(5):293-296.
33. Dar AM, Ahanger AG, Wani RA, Bhat MA, Lone GN and Shah SH (2003) Popliteal artery injuries: the Kashmir experience. *J.Trauma* 55(2):362-365.
34. DeBakey ME and Simeone FA (1946) Battle injuries of the arteries in the World War II. *Amer.Surg.*123: 534-579.
35. DeBakey ME (1966) The surgical approach to strokes. *Postgrad Med.* 39(4):343-348.
36. Dedichen H (1989) Arterial injuries *Tidsskr Nor Laegeforen.* 109(3):320-323.
37. Degiannis E, Levy RD, Velmahos GC, Potokar T, Saadia R (1995) Penetrating injuries of the femoral artery. *Br J Sur* 82:492-495.
38. Degiannis E, Levy RD, Sofianos C, Florizoone MG and Saadia R (1995) Arterial Gunshot injuries of the extremities: a South African experience. *J Trauma.*39 (3):570-575.
39. Dennis JW, Jagger C, Butcher JL, Menawat SS, Neel M and Frykberg ER (1993) Reassessing the role of arteriograms in the management of posterior knee dislocations. *JTrauma.* 35(5):692-695.
40. Dennis JW, Frykberg ER, Veldenz HC, Huffman S and Menawat SS (1998) Validation of nonoperative management of occult vascular injuries and accuracy of physical examination alone in penetrating extremity trauma:5 to 10-year follow-up. *J Trauma* 44:243-252.
41. DiChristina DG, Riemer BL, Butterfield SL, Burke CJ 3rd, Herron MK and Phillips DJ (1994) *J Orthop Trauma.* 8(6):494-503.
42. Drapanas T, Hewitt RL, Weichert RF 3rd, Smith AD (1970) Civilian vascular injuries: a critical appraisal of three decades of management. *Ann Surg.* 172(3):351-360.
43. Drost TF, Rosemurgy AS, Proctor D, Kearney RE (1989) Outcome of treatment of combined orthopaedic and arterial trauma to the lower extremity. *J trauma* 29(10):1331-1334.

44. Dorrlor J, Lanta M, Mix C, Burmeister W, Ingianni G, Steinau HU, Maurer PC (1987) Functional results following complicated injuries of the extremities--how can they be improved? *Langenbecks Arch Chir.* 372:667-670.
45. Downs AR and MacDonald P (1986) Popliteal artery injuries: civilian experience with sixty- three patients during a twenty year period (1960 through 1984). *J Vasc Surg.* 4(1):55-62.
46. Eisner LG und Ammann JF (1993,1994) Gefäßverletzungen Diagnostik und taktisches Vorgehen. *Helv. chir. Acta* 60:1053-1059.
47. Fabian TC, Turkleson ML, Connelly TL and Stone HH (1982) Injury to the popliteal artery. *Am J Surg.* 143(2):225-228.
48. Fainzilber G, Roy-Shapira A, Wall MJ Jr, Mattox KL (1995) Predictors of amputation for popliteal artery injuries. *Am J Surg.* 170(6):568-570.
49. Faris IB, Raptis S and Fitridge R (1997) Arterial injury in the lower limb from blunt trauma. *Aust N Z J Surg.* 67(1):25-30.
50. Feliciano DV, Cruse PA, Spjut-Patrinely V, Burch JM, Mattox KL (1988) Fasciotomy after trauma to the extremities. *Am J Surg.* 156(6):533-536.
51. Felciano DV (2001) Management of Penetrating Injuries to Carotid Artery. *World J Surg.* 25(8):1028-1035.
52. Floyd HD, Kerstein MD (1986) Successful vascular reconstruction. Determinants of disability. *Am Surg.* 52(2):91-92
53. Fricke T, Hamann J, Bahadir M, Konig B (2002) Investigation of carrier-mediated anion co-transport through organic membranes by use of competitive transport experiments. *Anal Bioanal Chem.* 374(1):148-154.
54. Frykberg ER, Crump JM, Dennis JW, Vines FS, Alexander RH. (1991) Nonoperative observation of clinically occult arterial injuries: a prospective evaluation. *Surgery.* 109(1):85-96.
55. Frykberg ER, Dennis JW, Bishop K, Laneve L, Alexander RH (1991) The reliability of physical examination in the evaluation of penetrating extremity trauma for vascular injury: results at one year. *J Trauma.* 29:1041-1050.
56. Frykberg ER (1992) Arteriography of the injured extremity: are we in proximity to an answer? *J Trauma.* 32(5):551-552.
57. Frykberg ER (1995) Advances in the diagnosis and treatment of extremity vascular trauma. *Surg Clin North Am.* 75(2):207-223
58. Frykberg ER (2002) Popliteal vascular injuries. *Surg Clin North Am.* 82(1):67-89.

59. Galant J, Marti-Bonmati L, Paniagua M, Baswitch V, Crespo C, Gonzalez I. (1997) Pulmonary torsion of the right superior lobe: an unusual complication secondary to surgery. *Arch Bronconeumol.* 33(5):254-256.
60. Gelberman RH, Blasingame JP, Fronek A, Dimick MP. (1979) Forearm arterial injuries. *J Hand Surg [Am].* 4(5):401-408.
61. Gersak B, Smrkolj V, Gabrijelcic T (1997) Successful surgical revascularization after 18 hour ischemia below the knee due to complete avulsion of the popliteal artery. *Unfallchirurg.* 100 (7):591-593.
62. Gerth MA; Kettler D; Mohr M (2001) Patientenverfügungen in der präklinischen Notfallmedizin: Eine Befragung von Notärzten. *Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie* 40(12): 743-749.
63. Gill SS, Eggleston FC, Singh CM, Abraham KA, Kumar S and Lobo LH Arterial injuries of the extremities. *J Trauma.* 16(10):766-772.
64. Gorman JF (1969) Combat arterial trauma. Analysis of 106 limb-threatening injuries. *Arch Surg.* 98(2):160-164.
65. Guraya SY (2004) Extremity vascular trauma in Pakistan. *Saudi Med J.* 25(4):498-501.
66. Gustillo RB, Merkow RL and Tempelmann D (1990) Current concepts review. The management of open fractures. *J Bone Surg. Am* 72:299-304.
67. Gutteridge W, Torrie EP, Galland RB. (1997) Cumulative risk of bypass, amputation or death following percutaneous transluminal angioplasty. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 14(2):134-139.
68. Hafez HM, Woolgar J and Robbs JV (2001) Lower extremity arterial injury: results of 550 cases and review of risk factor associated with limb loss. *J Vasc Surg.* 33(6):1212-1219.
69. Hardy JD, Raju S, Neely WA and Berry DW (1975) Aortic and other arterial injuries. *Ann Surg.* 181(5):640-653.
70. Harrell DJ, Spain DA, Bergamini TM, Miller FB and Richardson JD (1997) Blunt popliteal artery trauma: a Challenging injury. *Am Surg.* 63(3):228-231.
71. Heberer G (1973) Verletzungen der Gliedmaßen Schlagadern. *Langenb. Arch. klin. Chir.* 332:307-315.
72. Heinrich P (1976) Arterien-schädigungen. In: Heinrich P, *Gefäßchirurgie.* Barth Leipzig: 94-104.

73. Heinrich P; Oschatz R (1978) Chirurgisch behandelte Komplikationen bei der indirekten Angiographie nach dem Seldinger-Verfahren. Zentralblatt für Chirurgie. (1):12-22.
74. Hewitt RL, Smith AD Jr, Weichert RF 3rd, Drapanas T.(1970) Penetrating cardiac injuries. Current trends in management. Arch Surg. 101(6):683-688.
75. Hewitt RL; Smith AD; Drapanas T (1973) Acute traumatic arteriovenous fistulas. The Journal of trauma 13 (10):901-906
76. Hoffmann G und Hutschenreiter W (1983) Herz- und Gefäßchirurgie IV. Gefäße. Barth, Leipzig.
77. Hofmann W, Forstner R und Forstner K (2000) Pseudoaneurysma an der kindlichen Arteria poplitea nach arthroskopischer Meniscusresektion. Chirurg. 71(4):469-471.
78. Holle ML. (1995) A prescription for success: integrating 12 inpatient and 17 outpatient programs. Aspens Advis Nurse Exec. 10(4):1-3.
79. Hossny A (2004) Blunt popliteal artery injury with complete lower limb ischemia: is routine use of temporary intraluminal arterial shunt justified. J Vasc Surg. 40(1):21-28.
80. Hughes CW (1971) Acute vascular injuries: civilian and military. J Trauma.11:189-190.
81. Humphrey PW, Nichols WK, Silver D. (1994) Rural vascular trauma: a twenty-year review. Ann Vasc Surg. 8(2):179-185.
82. Jauch KW, Becker HM und Heberer G (1993) Aneurysmen. In: Heberer G, Köle W, Tscherne H,(Hrsg.) Chirurgie und angrenzende Gebiete. Springer, Berlin Heidelberg New York :716-729.
83. Jung EM; Lutz R; Rupp N (2001) Niedrigdosierte Thrombolyse mit rt-PA bei langstreckigen peripheren arteriellen Verschlüssen. RöFo : Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen und der Nuklearmedizin.172 (12):1028-1034.
84. Kelsch G; Savvidis E; Jenal G; Parsch K (1999) Begleitende Gefäßkomplikationen bei suprakondylären Humerusfrakturen des Kindes. Der Unfallchirurg; 102 (9):708-715.
85. Kendall RW, Taylor DC, Salvian AJ and O'Brien PJ (1993) The role of arteriography in assessing vascular injuries associated with dislocations of the knee. J Trauma 35(6):875-878.
86. Kirschner M 1993 Gefäßchirurgie. In: Heberer G, Aigner KR, Hrsg. Allgemeine und spezielle chirurgische Operationslehre. Berlin: Springer-Verlag.

87. Klotter HJ, Nies C, Zielke A, Sitter H, Rothmund M.(1993) Choice of diagnostic procedures in blunt abdominal trauma. *Chirurg.* 64(11):841-848.
88. Kohl M und Bassey L (1991) Gefäßverletzungen als Komplikation bei Frakturen, Luxationen und operativen Eingriffen. *Aktuelle Traumatol.* 21 (1):8-12.
89. Koivunen D, Nichols WK, Silver D. (1982) Vascular trauma in a rural population. *Surgery.* 91(6):723-727.
90. Kühne CA, Ruchholtz S, Voggenreiter G, Eggebrecht H, Paffrath T, Waydhas C und Nast-Kolb D (2005) Traumatische Aortenverletzungen bei polytraumatisierten Patienten. *Unfallchirurg* 109:279-287.
91. Lanz U (1990) Frische Nerven- und Gefäßverletzungen an Unterarm und Hand (Management, Ergebnisse und Probleme) *Langenbecks Arch Chir Suppl II* 741-744(Kongreßbericht 1990).
92. Lazarides MK, Arvanitis DP, Kopadis GC, Tsoupanos SS and Dayantas JN (1994) Popliteal artery and trifurcation injuries: is it possible to predict the outcome? *Eur J Vasc Surg.* 8(2):226-230.
93. Lenz K (1996) Die Bedeutung von Scores für die Therapieplanung und -beurteilung beim individuellen Intensivpatienten aus der Sicht der Allgemeinchirurgie. *Wien Klin Wochenschr.*108(15):451-453.
94. Levin PM, Rich NM, Hutton JE Jr, Barker WF, Zeller JA (1971) Role of arteriovenous shunts in venous reconstruction. *Am J Surg.* 122(2):183-191
95. Levitzky S, James PM, Anderson RW and Hardaway RM 3rd (1968) *Ann Surg.* 168(5):831-836.
96. Lim LT, Michuda MS, Flanigan DP and Pnkovich A (1980) *Arch Surg.* 115(11):1307-1313.
97. Lieth E and Fallon JR. (1993) Muscle agrin: neural regulation and localization at nerve-induced acetylcholine receptor clusters. *J Neurosci.* 13(6):2509-2514.
98. Markgraf E, Böhm B, Bartel M, Dorow C, Rimpler H und Friedel R (1998) Traumatische periphere Gefäßverletzungen. *Unfallchirurgie* 101(7):508-519.
99. Martinez D, Sweatman K and Thomson EC (2001) Popliteal artery trauma. 31 consecutive cases without amputation. *Arch Surg.* 67(2):165-167.
100. Mayberry JC, Brown CV, Mullins RJ and Velmahos GC (2004) Blunt carotid artery injury the futility of aggressive screening and diagnosis. *Arch Surg.*139 (6):609-612.

101. McDonald MA, Muckart DJJ.(1989) Protein electrophoresis of diagnostic peritoneal lavage in penetrating trauma. A marker of significant injury. South African Journal of Surgery 27:160-165.
102. McCready RA, Logan NM, Daugherty ME, Mattingly SS, Crocker C, Hyde GL. (1987) Long-term results with autogenous tissue repair of traumatic extremity vascular injuries. Ann Surg. 206(6):804-808.
103. McHenry TP, Holcomb JB, Aoki N, Lindsey RW (2002) Fractures with major vascular injuries from gunshot wounds: implications of surgical sequence. J Trauma. 53(4):717-721.
104. McNutt R, Seabrook GR, Schmitt DD, Aprahamian C, Bandyk DF and Towne JB (1989) Blunt tibial artery trauma: predicting the irretrievable extremity. J Trauma. 29(12):1624-1627.
105. Meyer J, Walsh J, Schuler J, Barrett J, Durham J, Eldrup-Jorgensen J, Schwarcz T, Flanigan DP (1987) The early fate of venous repair after civilian vascular trauma. A clinical, hemodynamic, and venographic assessment. Ann Surg. 206(4):458-464.
106. Miclau T; Gerich T; Foglar C; Lindsey RW; Krettek C (2002) Behandlung von Schussverletzungen des Bewegungsapparates. Der Unfallchirurg 105(3):188-198.
107. Mills RP, Robbs JV (1991) Paediatric arterial injury: management options at the time of injury. J R Coll Surg Edinb. 36(1):13-17.
108. Mills RP, Mars M, Robbs JV (1993) Non-iatrogenic paediatric arterial trauma. South African J Surg. 31:37-44.
109. Nair R, Abdool-Carrim, Robbs JV and Allopi S. (1999) Civilian gunshot wounds of the popliteal artery. Vascular Society of Southern Africa Annual Meeting, 36(3): p72.
110. Nanobashvili J, Kopadze T, Tvaladze M, Buachidze T and Nazvlishvili G (2003) War injuries of major extremity arteries. World J Surg.27 (2):134-139.
111. Nast-Kolb D, Trupka A, Ruchholtz S und Schweiberer L (1998) Abdominal trauma Unfallchirurg 101 (2): 82-91.
112. Nast-Kolb D (2000) Traumatologische Notfälle. Internist 41 (8): 709-711.
113. Nast-Kolb D, Bail HJ und Taeger G (2005) Moderne Diagnostik des Bauchtraumas Chirurg 76 (10):919-926.
114. Odland MD, Gisbert VL, Gustillo RB, Ney AL, Blake DP and Bubrick M (1990) Surgery.108 (4):660-664.

115. ODonnelt TF Jr, Brewster DC, Darling RC, Veen H and Waltman AA (1977) Arterial injuries associated with fractures and/or dislocations of the knee. *J Trauma*. 17(10):775-784.
116. Orcutt MB, Levine BA, Root HD, Sirinek KR (1983) The continuing challenge of popliteal vascular injuries. *Am J Surg*. 146 (6):758-761.
117. Ostermann PA, Hahn MP, Henry SL, Seligson D (1996) Treatment concept and results of grade 3 open fractures with arterial injuries requiring reconstruction. *Zentralbl Chir*. 121(11):990-993.
118. Ozisik K, Erturk M (2001) Management of military vascular injuries. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 42(6):799-803.
119. Padberg FT Jr, Rubelowsky JJ, Hernandez-Maldonado JJ, Milazzo V, Swan KG, Lee BC, and Hobson RW 2nd (1992) Infrapopliteal arterial injury: prompt revascularization affords optimal 1 salvage. *J Vasc Surg*. 16(6):885-886.
120. Paetz B und Allenberg JR (1992) Treatment of reperfusion injury following acute ischemia of the extremities] *Chirurg*. 63 (2):90-97.
121. Palmieri F, Pulcini G, Piardi T, Ottaviani GM, Longobardi U, Pouche A (2000) Vascular trauma of the lower limb. *Minerva Chir*. 55(12):841-846.
122. Pasch AR, Bishara RA, Schuler JJ, Lim LT, Meyer JP, Merlotti G, Barrett JA, Flanigan DP (1986) Results of venous reconstruction after civilian vascular trauma. *Arch Surg*. 121(5):607-611.
123. Phifer TJ, Gerlock AJ Jr, Vekovius WA, Rich NM, McDonald JC (1984) Amputation risk factors in concomitant superficial femoral artery and vein injuries. *Ann Surg*. 199(2):241-243.
124. Piatek S, Burger T, Halloul Z, Westphal T, Holmenschlager F und Winckler S (2001) Arterielle Gefäßverletzungen bei Frakturen und Luxationen. *Zentralbl Chir*. 126(5):379-384.
125. Piper SN, Gürler S, Maleck WH und Saggau W (1997) Massiver Hämatothorax nach Stichverletzungen der linken Arteria mammaria interna. *Intensivmedizin und Notfallmedizin* 34(4):286-290.
126. Pohlemann T, Culemann U, Gänsslen A und Tscherne H (1996) Die schwere Beckenverletzung mit pelviner Massenblutung: Ermittlung der Blutungsschwere und klinische Erfahrungen mit der Notfallstabilisierung. *Der Unfallchirurg* 99(10):734-743.

127. Pomposelli FB Jr; Arora S; Gibbons GW; Frykberg R; Smakowski P; Campbell DR; Freeman DV; LoGerfo FW (1998) Lower extremity arterial reconstruction in the very elderly: successful outcome preserves not only the limb but also residential status and ambulatory function. *Journal of vascular surgery: official publication, the Society for Vascular Surgery International Society for Cardiovascular Surgery, North American Chapter*; (2):215-225.
128. Radonic V, Baric D, Giunio L, Bill B, Kovacevic H, Sapunar D (1997) War injuries of the femoral artery and vein: a report on 67 cases. *Cardiovasc Surg.* 5(6):641-647.
129. Raptopoulos V. (1994) Chest CT for aortic injury: maybe not for everyone. *AJR Am J Roentgenol.* 162(5):1053-1055.
130. Reed MK, Lowry PA and Myers SI (1990) Successful repair of pediatric popliteal artery trauma. *Am J Surg.* 160(3):287-290.
131. Reynolds RR, McDowell HA and Diethelm AG (1979) The surgical treatment of arterial injuries in the civilian population. *Ann Surg.* 189(6):700-708.
132. Richardson JB Jr, Jurkovich GJ, Walker GT, Nenstiel R and Bone EG (1986) A temporary arteriovenous shunt (Scribner) in the management of traumatic venous injuries of the lower extremity. *J Trauma.* 26(6):503-509.
133. Rich NM and Hughes CW (1969) Vietnam vascular registry: a preliminary report. *Surgery.* 65(1):218-226.
134. Rich NM, Baugh JH and Hughes CW (1970) Acute arterial injuries in Vietnam: 1000 cases. *J Trauma.* 10(5):359-369.
135. Rich NM, Baugh JH and Hughes CW (1970) Sinificance of complications associated with vascular repairs performed Vietnam. *Arch. Surg.* 100(6):646-651.
136. Rich NM and Hughes CW (1972) The fate of prosthetic material used to repair vascular injuries in contaminated wounds. *J Trauma.* 12(6):459-467.
137. Riemer A, Knipping L, Mangold G. (2001) Singuläre Unterschenelarterienverletzung. *Chirurg.* 72(3):281-285.
138. Robbs JV and Baker LW (1978) Major arterial trauma: review of experience with 267 injuries. *Br J Surg.* 65:532-538.
139. Robbs JV and Costa M. Non-penetrating injury to the aorta and arteries in the neck and mediastinum. (1989) *South African Journal of Surgery.* 27:41-46
140. Robbs JV, Reddy E and Ray R. (1987) The relationship between infected extremity lesions and operative sepsis following arterial reconstructive surgery. *South African Journal of Surgery.* 25:116-121.

141. Rozycki GS, Tremblay LN, Feliciano DV and McClelland WB (2003) Blunt vascular trauma in the extremity: diagnosis, management, and outcome. *J Trauma*. 55(5):814-824.
142. Russel WL, Sailor DM, Whittle TB, Fisher DF Jr and Burns RP (1991) Limb salvage versus traumatic amputation. A decision based on a seven-part predictive index. *Ann Surg*. 213(5):473-480;
143. Rutherford RB (1988) Qualifications of the physician in charge of the vascular diagnostic laboratory. *J Vasc Surg*. 8(6):732-735.
144. Sailer R, Jünemann A, Kleinschmidt F.(1976) Zur Klinik der akuten Arterienverletzungen. *Med Welt*. 27(9):415-418.
145. Schlickewei W, Kuner EH, Mullaji AB, Gotze B.(1992) Upper and lower limb fractures with concomitant arterial injury. *J Bone Joint Surg Br*. Mar; 74(2):181-188.
146. Schramek A, Hashmonai M (1977) Vascular injuries in the extremities in battle casualties. *Br J Surg*. 64(9):644-648.
147. Scola E (1990) Pathomechanismus des spontanen Gefäßverschlusses bei traumatischer Arterienruptur. *Chirurg* 61:797-802.
148. Seiler JG 3rd, Richardson JD (1986) Amputation after extremity injury. *Am J Surg*. 152(3):260-264.
149. Seiler JG 3rd, Casey PJ, Binford SH (2000) Compartment syndromes of the upper extremity. *J South Orthop Assoc*. 9(4):233-247.
150. Shah PM, Ivatury RR, Babu SC, Nallathambi MN, Clauss RH and Stahl WM (1987) Is limb loss avoidable in civilian vascular injuries? *Am J Surg*. 154 (2):202-205.
151. Sherif AA (1995) Vascular injuries: experience during the Afghanistan War. *Can J Surg*. 38(3):221-228.
152. Smith RF, Elliot JP, Hageman JH, Szilagyi DE and Xavier AO (1979) Acute penetrating arterial injuries of the neck and limbs. *Arch Surg*. 109(2):198-205.
153. Sparks J, Rea T (2000) Ischemic stroke: acute management and secondary prevention. *Am J Manag Care*. 6(2):234-46.
154. Sriussadaporn S (1997) Arterial injuries of the lower extremity from blunt trauma. *J Med Assoc Thai* 80 (2):121-129.
155. Starr AJ, Hunt JL, Reinert CM (1996) Treatment of femur fracture with associated vascular injury. *J Trauma* 40(1):17-21.

156. Storz LW (1996) Arterienverletzungen. In: Brunner U (Hrsg.): Breitner Chirurgische Operationslehre Band XIII Gefäßchirurgie, Urban&Schwarzenberg München-Wien-Baltimore:327-340.
157. Sturm JT, Bodily KC, Rothenberger DA, Perry JF Jr. (1980) Arterial injuries of the extremities following blunt trauma. *J Trauma*. 20(11):933-936.
158. Sultanov DD, Usmanov NU, Kurbanov UA, Baratov AK, Kurbanov NR. (2003) Surgical management of traumatic injuries to the tibial arteries. *Angiol Sosud Khir*.(2):111-117.
159. Teweleit S; Rimpler H; Markgraf E (2001) Einfluss von Ätiologie und Morphologie von traumatischen Gefäßverletzungen auf Outcome, Amputationsrisiko und Letalität. Kongressband Deutsche Gesellschaft für Chirurgie. Deutsche Gesellschaft für Chirurgie. Kongress. 118:458-460.
160. Thomas DD, Wilson RF and Wiencek RG (1989) Vascular injury about the knee. Improved outcome. *Am Surg*. 55(6):370-377.
161. Thomson SR, Mars M, Gregory MA, Natasen J, Baker LW.(1991) Longitudinal histological examination of microarterial anastomoses: Implications for suture choice. *South African J Surg*. 29:178-184.
162. Treska V, Bilek J, Simana J, Valenta J. (1992) Arterial injuries of the upper extremities. *Rozhl Chir*. 71(6):287-293.
163. Treska V, Simana J, Bilek J, Cechura M (1993) Arterial "crossover" reconstruction in ischemic disease of the lower extremities. *Rozhl Chir*. 72(3):110-112.
164. Trooskin SZ, Sclafani S, Winfield J, Duncan AO, Scalea T, Vieux E, Atweh N, Gertler J (1993) The management of vascular injuries of the extremity associated with civilian firearms. *Surg Gynecol Obstet*. 176(4):350-354.
165. Tsapenko MV, Weber M, Moser A, Keupp M, Timmermann W, Debus S, Thiede A, Henrich HA (2001) Restoration of blood circulation in reperfusion of ischemic tissues *Klin Khir*. (1):45-47.
166. Uranüs S and Pfeifer J (2001) Nonoperative Treatment of Blunt Splenic Injury. *World J Surg*. 25(11):1405-1407.
167. Usmanov NU, Sultanov DD, Baratov AK, Kurbanov NR (2003) Surgical Strategy in traumatic lesions of the popliteal artery. *Vestn Khir Im II Grek*. 162(3):64-68.
168. Van Wijngaarden M, Omert L, Rodriguez A, Smith TR (1993) Management of blunt vascular trauma to the extremities. *Surg Gynecol Obstet*. 177(1):41-48.

169. Verdan A and Gaffiero P (1995) The traumatized ischemic lower limb: a search for the optimal treatment. *Can J Surg* 38(3):204-215.
170. Vollmar J (1996) Verletzungen der Arterien. In: Vollmar J, *Rekonstruktive Chirurgie der Arterien*. Georg Thieme Verlag Stuttgart New York: 70-95.
171. Wagner WH, Yellin AE, Weaver FA, Stain SC and Siegel AE (1994) Acute treatment of penetrating popliteal artery trauma: the importance of soft tissue injury. *Ann Vasc Surg*. 8(6):557-565.
172. Wali MA (2002) Popliteal artery pseudoaneurysm in a child due to gunshot injury. *Afr J Med Med Sci*. 31(1):83-85.
173. Wali MA (2002) Axillary artery injury: report of two cases and review of the literature. *Afr J Med Med Sci*. 31(1):87-89.
174. Walter P und Hehrlein FW (1981) Behandlungsgrundsätze und Prioritäten des Polytraumas in der vaskulären Chirurgie. *Unfallchirurgie* 7(2):90-96.
175. Weaver FA, Rosenthal RE, Waterhouse G and Adkins RB (1984) Combined skeletal and vascular injuries of the lower extremity. *Am Surg*. 50(4):189-197.
176. Weber H, Eckstein HH, Niedermeier HP, Noppeney T, Umscheid T (2002) Ergebnisqualität in der Gefäßchirurgie. *Chirurg*. 73(6):559-566.
177. Weichert RF 3rd; Hewitt RL; Drapanas T (1971) Blunt injury to intrahepatic vena cava and hepatic veins with survival. *American journal of surgery*. 121 (3):322-325.
178. Williams GD (1968) Peripheral vascular trauma. Report of ninety cases. *Am Surg*. 116(5):725-730.
179. Wilson JS, Miranda A, Johnson BL, Shames ML, Back MR, Bandyk DF (2003) Vascular injuries associated with elective orthopedic procedures. *Ann Vasc Surg*. 17(6):641-644.
180. Wittmann G, Leitzke I, Hohn U. (1985) Cell-mediated cytotoxicity and lymphocyte stimulation in Aujeszky's disease. II. Following vaccination of swine and subsequent infection *Zentralbl Veterinarmed B*. 32(3):181-196.
181. Whitehouse WM, Coran AG, Stanley JC, Kuhns LR, Weintraub WH and Fry WJ (1976) Pediatric vascular trauma. Manifestations, management, and sequelae of extremity arterial injury in patients undergoing surgical treatment. *Ann Surg*. 111(11):1269-1275.
182. Whitman GR, McCroskey BL, Moore EE, Pearce WH, Moore FA (1987) Traumatic popliteal and trifurcation vascular injuries: determinants of functional limb salvage. *Am J Surg*. 154(6):681-684.

183. Wright DG, Covey DC, Born CT and Sadasivan KK (1995) Open dislocation of the knee. *J Orthop Trauma*. 9(2):135-140.
184. Yeager RA, Hobson RW 2nd, Lynch TG, Jamil Z, Padberg FT, Lee R and Swan KG (1984) *Am Surg*.50(3):155-158.
185. Zhao L, Jie Q, Ye M, Liu Q, Huang Y (2002) Treatment of limb arterial injuries caused by traffic accidents. *Chin J Traumatol*. 5(5):303-306.

7. Lebenslauf

Name	Holger Riemschneider
Geburtstag	19.September 1961
Geburtsort	Pößneck/ Thüringen
Familienstand	geschieden, 1 Kind (19 Jahre)
Schulbildung	1968- 1972 Grundschule Pößneck 1972- 1979 Kinder- und Jugendsportschule Erfurt 1979- 1981 Gymnasium Pößneck, Abschluss Abitur
Wehrdienst	1981- 1984 Sanitätsunteroffizier
Studium	1984- 1986 Martin- Luther- Universität Halle/ Wittenberg Vorklinikum 1986- 1989 klinische Ausbildung an der Medizinischen Akademie Erfurt 1989- 1990 Pflichtassistentenzeit im Kreiskrankenhaus Mühlhausen, Abschluss als Diplommediziner
Berufserfahrung	1990- 1996 Facharztausbildung zum Facharzt für Chirurgie im Kreiskrankenhaus Mühlhausen, in der Klinik für Thorax- und Gefäßchirurgie der Friedrich- Schiller- Universität Jena und in der Klinik für Kinderchirurgie am Klinikum Erfurt GmbH, Abschluss als Facharzt für Chirurgie 1996- 1997 Stationsarzt einer onkologischen Station, 1997- 1998 Beginn einer orthopädischen Ausbildung, 1998- 2003 Funktionsoberarzt einer chirurgischen Klinik, 2003- 2005 Leiter der Abteilung für medizinisch- juristische Fragen beim MDK Thüringen, Abschluss Sozialmedizin 2005-dato Fortsetzung der traumatologisch- orthopädische Ausbildung

8. Danksagung

Herrn Prof. Dr. med. M. Bartel, ehemaliger Direktor der Abteilung für Thorax- und Gefäßchirurgie der Klinik für Chirurgie der Friedrich-Schiller-Universität Jena danke ich recht herzlich für die Zustimmung zu diesem Thema.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Privatdozent Dr. med. W. Wagner, Oberarzt der Klinik für Allgemein- und Viszeralchirurgie des Klinikums der Friedrich-Schiller-Universität Jena für die freundliche Überlassung des Themas, die verständnisvolle und fachlich ausgezeichnete Betreuung sowie für die Anleitung während der Arbeit. Sein kompetenter Rat war mir bei der Durchführung und Abfassung der Studie steht's große Hilfe.

Danken möchte ich auch Frau Petra John und Herrn Thomas Henkel für ihre hilfsbereite Unterstützung.

9. Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich Schiller- bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönliche Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben: Frau Petra John,

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine Staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht haben und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teil ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Tabarz, 01. September 2006